



(10) **DE 11 2015 003 758 B4** 2022.01.27

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 003 758.6**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2015/084161**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/121227**  
(86) PCT-Anmeldetag: **04.12.2015**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **04.08.2016**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **13.07.2017**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **27.01.2022**

(51) Int Cl.: **B23K 10/00** (2006.01)  
**H05H 1/28** (2006.01)  
**H05H 1/34** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**2015-017463**      **30.01.2015**      **JP**

(73) Patentinhaber:  
**Komatsu Industries Corporation, Kanazawa-shi,  
Ishikawa, JP**

(74) Vertreter:  
**FLÜGEL PREISSNER SCHOBER SEIDEL  
Patentanwälte PartG mbB, 80335 München, DE**

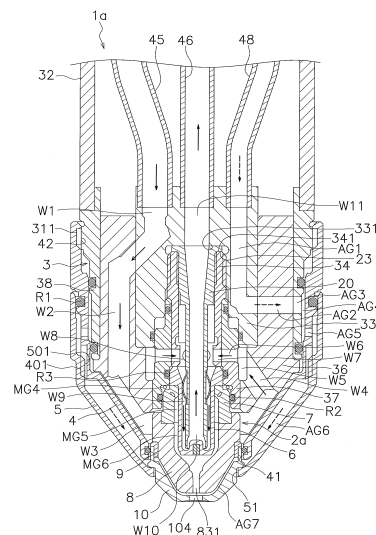
(72) Erfinder:  
**Yamaguchi, Yoshihiro, Nomi-shi, Ishikawa, JP;  
Kondo, Keita, Nomi-shi, Ishikawa, JP; Morimoto,  
Shigeo, Hiratsuka-shi, Kanagawa, JP; Saio,  
Katsuo, Hiratsuka-shi, Kanagawa, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

|           |                         |           |
|-----------|-------------------------|-----------|
| <b>DE</b> | <b>20 2004 021 644</b>  | <b>U1</b> |
| <b>US</b> | <b>6 320 156</b>        | <b>B1</b> |
| <b>US</b> | <b>2008 / 0 116 179</b> | <b>A1</b> |
| <b>WO</b> | <b>2009/ 070 362</b>    | <b>A1</b> |
| <b>JP</b> | <b>2001- 47 247</b>     | <b>A</b>  |

(54) Bezeichnung: **MITTELROHR FÜR EINEN PLASMA Brenner, KONTAKTSTÜCK, ELEKTRODE UND PLASMA Brenner**

(57) Hauptanspruch: Mittelrohr (20) für einen Plasma brenner (1a, 1b) für Plasmaschneiden, der einen Basisabschnitt (33) und eine Elektrode (6) aufweist, wobei das Mittelrohr (20) für die Zuführung von Kühlwasser zu der Elektrode (6) in die Elektrode (6) eingeführt ist, wobei das Mittelrohr (20) Folgendes umfasst:  
einen Rohrkörper (21), der mit einer elektrischen Stromquelle außerhalb des Plasma brenners (1a, 1b) über den Basisabschnitt (33) elektrisch verbunden ist, wobei der Rohrkörper (21) einen sich darin befindenden Kühlwasserkanal (211, 212, 231) aufweist und wobei der Rohrkörper (21) mit einem elektrisch leitenden Körper gebildet ist; und  
ein Kontaktstück (22), das an einer Außenumfangsfläche (26) des Rohrkörpers (21) vorgesehen ist, wobei das Kontaktstück (22) durch einen Kontakt mit einer Innenumfangsfläche der Elektrode (6) die Elektrode (6) bestromt, wobei das Kontaktstück (22) elastisch ist, um, wenn es in eine radiale Richtung des Rohrkörpers (21) gepresst wird, eine Gegenkraft zu erzeugen, wobei das Kontaktstück (22) aus einem elektrisch leitenden Körper gebildet ist.



**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Mittelrohr für einen Plasmabrenner, ein Kontaktstück, eine Elektrode und einen Plasmabrenner.

## Beschreibung des technischen Hintergrundes

**[0002]** Ein Plasmabrenner enthält eine Elektrode, die als der Ursprungspunkt eines Bogens agiert, und eine Düse, die derart angeordnet ist, dass sie die Elektrode abdeckt. Die Elektrode ist an einem Elektrodensitz eines Brennerkörpers befestigt. Die Düse ist an der Elektrode über eine isolierende Führung befestigt. Die isolierende Führung positioniert die Düse derart, dass die Düse mit der Elektrode konzentrisch angeordnet ist. Der Plasmabrenner veranlasst, dass zwischen der Elektrode und einem Werkstück durch eine Mündung der Düse hindurch ein Plasmabogen erzeugt wird.

**[0003]** Da die Elektrode ein Verbrauchsartikel ist, ist die Elektrode an dem Elektrodensitz des Brennerkörpers auf eine trennbare Weise befestigt. Die in JP 2001047247 A beschriebene Elektrode weist beispielsweise einen zylindrischen Abschnitt der Spitzenendseite, einen Flanschabschnitt und einen zylindrischen Abschnitt der Basisendseite auf. Der Flanschabschnitt weist einen Außendurchmesser auf, der größer als jener des zylindrischen Abschnitts der Spitzenendseite und des zylindrischen Abschnitts der Basisendseite ist. Aufgrund dessen, dass der zylindrische Abschnitt der Basisendseite mithilfe einer Reibungswiderstandskraft mit der Innenfläche des Elektrodensitzes gekoppelt ist, ist die Elektrode an dem Elektrodensitz befestigt. Alternativ ist an dem Elektrodensitz ein Innengewindeabschnitt gebildet und an dem zylindrischen Abschnitt der Basisendseite ist ein Außengewindeabschnitt gebildet. Der Außengewindeabschnitt des zylindrischen Teils der Basisendseite ist in den Innengewindeabschnitt des Elektrodensitzes eingeschraubt, wodurch die Elektrode an dem Elektrodensitz befestigt ist.

**[0004]** Während die Elektrode an dem Elektrodensitz befestigt ist, ist die Stirnfläche in der axialen Richtung des Flanschabschnitts mit dem Spitzenendabschnitt des Elektrodensitzes in Kontakt. Darüber hinaus ist die Außenumfangsfläche des zylindrischen Abschnitts der Basisendseite mit der Innenumfangsfläche des Elektrodensitzes in Kontakt. Das heißt, die Außenumfangsfläche des zylindrischen Abschnitts der Basisendseite und die Stirnfläche in der axialen Richtung des Flanschabschnitts der Elektrode agieren mit dem Elektrodensitz als Bestromungsflächen. Die Elektrode und der Brennerkörper

sind durch die vorstehenden Bestromungsflächen elektrisch verbunden.

**[0005]** Die DE 20 2004 021 644 U1, US 6,320,156 B1, US 2008/0116179 A1 und WO 2009/070362 A1 offenbaren herkömmliche Plasmabrenner. Die DE 20 2004 021 644 U1 offenbart ein Kühlmittelrohr für einen Plasmaschneidbrenner mit einem länglichen Körper und einem sich durch denselben erstreckenden Kühlmittelkanal. An einem Außenabschnitt 162 des länglichen Körpers befindet sich eine Fläche, die zum Zusammenfügen mit einer Elektrode ausgebildet ist und beispielsweise eine Stufe enthält.

## Zusammenfassung der Erfindung

## Technisches Problem

**[0006]** Es besteht ein Problem darin, dass die Struktur der Elektrode oder des Elektrodensitzes komplex ist, damit der zylindrische Abschnitt der Basisendseite und die Innenumfangsfläche des Elektrodensitzes in dem vorstehend beschriebenen Plasmabrenner verbunden sind. Darüber hinaus, wenn der zylindrische Abschnitt der Basisendseite und der Elektrodensitz durch eine Gewindestruktur verbunden sind, ist für die Befestigung und Entfernung der Elektrode ein spezialisiertes Werkzeug notwendig. Außerdem besteht ein Problem darin, dass der Brennerkörper des Plasmabrenners ersetzt werden muss, wenn die Bestromungsflächen des zylindrischen Abschnitts der Basisendseite und der Elektrodensitz aufgrund eines Bestromungsfehlers beschädigt werden.

**[0007]** Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Mittelrohr für einen Plasmabrenner, ein Kontaktstück, eine Elektrode und einen Plasmabrenner zu schaffen, für die die Elektrode ohne ein spezialisiertes Werkzeug leicht befestigt und entfernt werden kann, für die die Struktur der Elektrode oder des Elektrodensitzes vereinfacht ist, und außerdem der Austausch des Brennerkörpers nicht notwendig ist, sogar wenn ein Bestromungsfehler auftritt.

## Lösung des Problems

**[0008]** Ein Mittelrohr gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird in einem Plasmabrenner für Plasmaschneiden verwendet, wobei er einen Basisabschnitt und eine Elektrode enthält. Das Mittelrohr ist für die Zuführung von Kühlwasser zu der Elektrode in die Elektrode eingeführt. Das Mittelrohr enthält einen Rohrkörper und ein Kontaktstück. Der Rohrkörper ist mit einer elektrischen Stromquelle außerhalb des Plasmabrenners über den Basisabschnitt elektrisch verbunden. Der Rohrkörper enthält einen sich darin befindenden Kühl-

wasserkanal. Der Rohrkörper ist mit einem elektrisch leitenden Körper gebildet. Das Kontaktstück ist an einer Außenumfangsfläche des Rohrkörpers vorgesehen und bestromt die Elektrode durch einen Kontakt mit einer Innenumfangsfläche der Elektrode. Das Kontaktstück ist elastisch, um, wenn es in eine radiale Richtung des Rohrkörpers gepresst wird, eine Gegenkraft zu erzeugen. Das Kontaktstück ist mit einem elektrisch leitenden Körper gebildet.

**[0009]** Das Kontaktstück kann von dem Rohrkörper getrennt sein und kann an der Außenumfangsfläche des Rohrkörpers befestigt sein.

**[0010]** Die Außenumfangsfläche des Rohrkörpers kann einen zurückversetzten Abschnitt enthalten, an dem das Kontaktstück befestigt ist.

**[0011]** Das Kontaktstück kann einen ersten Ringabschnitt, einen zweiten Ringabschnitt, und eine Vielzahl von gekrümmten Abschnitten enthalten. Der zweite Ringabschnitt kann in einer axialen Richtung des Kontaktstücks von dem ersten Ringabschnitt beabstandet angeordnet sein. Die Vielzahl von gekrümmten Abschnitten kann mit dem ersten Ringabschnitt und dem zweiten Ringabschnitt gekoppelt sein und kann sich in einer radialen Richtung des Kontaktstücks nach außen beulen.

**[0012]** Das Kontaktstück kann eine Vielzahl von Schlitzen enthalten, die zwischen der Vielzahl von gekrümmten Abschnitten vorgesehen sind, und die sich in der axialen Richtung des Kontaktstücks erstrecken.

**[0013]** Ein Kontaktstück gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird in einem Plasmabrenner für Plasmaschneiden verwendet, der eine Elektrode und einen Rohrkörper enthält. Der Rohrkörper ist in die Elektrode eingeführt. Der Rohrkörper enthält einen sich an seiner Innenseite befindenden Kühlwasserkanal für die Zuführung von Kühlwasser zu der Elektrode. Das Kontaktstück enthält einen Befestigungsabschnitt und ein Kontaktabschnitt. Der Befestigungsabschnitt ist an der Außenumfangsfläche des Rohrkörpers befestigt. Der Kontaktabschnitt kommt mit der Innenumfangsfläche der Elektrode in Kontakt. Ferner weist der Befestigungsabschnitt einen ersten Ringabschnitt und einen zweiten Ringabschnitt auf. Der zweite Ringabschnitt ist in einer axialen Richtung des Kontaktstücks von dem ersten Ringabschnitt beabstandet angeordnet. Der Kontaktabschnitt weist ferner eine Vielzahl von gekrümmten Abschnitten auf. Die Vielzahl von gekrümmten Abschnitten ist mit dem ersten Ringabschnitt und dem zweiten Ringabschnitt gekoppelt und die gekrümmten Abschnitte wölben sich in der radialen Richtung des Kontaktstücks nach außen.

**[0014]** Der Kontaktabschnitt kann elastisch sein, um, wenn er in die radiale Richtung des Kontaktstücks gepresst wird, eine Gegenkraft zu erzeugen.

**[0015]** Der Kontaktabschnitt kann ferner eine Vielzahl von Schlitzen enthalten. Die Vielzahl von Schlitzen kann zwischen der Vielzahl von gekrümmten Abschnitten vorgesehen sein und kann sich in der axialen Richtung des Kontaktstücks erstrecken.

**[0016]** Eine Elektrode gemäß einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird in einem Plasmabrenner für Plasmaschneiden verwendet, der ein Mittelrohr enthält. Das Mittelrohr enthält einen sich in seinem Inneren befindenden Kühlwasserkanal. Die Elektrode enthält einen Innenkanal, in den das Mittelrohr eingeführt ist. Zumindest ein Abschnitt der Innenumfangsfläche des Innenkanals bildet eine erste Bestromungsfläche. Die erste Bestromungsfläche ist mit einem Kontaktstück in Kontakt. Das Kontaktstück ist an dem Mittelrohr vorgesehen und ist elastisch. Eine Basisendfläche der Elektrode kann eine zweite Bestromungsfläche enthalten. Die Stirnfläche des Basisendes der Elektrode kann einen Einlass des Innenkanals enthalten. Die Innenumfangsfläche des Innenkanals kann einen verjüngten Abschnitt enthalten, der in der radialen Richtung in Richtung des Einlasses des Innenkanals im Ausmaß zunimmt.

**[0017]** Die erste Bestromungsfläche kann an dem verjüngten Abschnitt an einer Spitzenendseite des verjüngten Abschnitts angrenzend angeordnet sein.

**[0018]** Die Elektrode kann einen Elektrodenkörperabschnitt und einen Flanschabschnitt enthalten. Der Elektrodenkörperabschnitt kann das Spitzenende der Elektrode enthalten. Der Flanschabschnitt kann das Basisende der Elektrode enthalten und kann einen Außendurchmesser enthalten, der größer als jener des Elektrodenkörperabschnitts ist. Der verjüngte Abschnitt kann in einer axialen Richtung der Elektrode kürzer als der Flanschabschnitt sein.

**[0019]** Ein Plasmabrenner gemäß einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung enthält das vorstehend beschriebene Mittelrohr und die vorstehend beschriebene Elektrode.

#### Wirkungen der Erfindung

**[0020]** Das Kontaktstück des Mittelrohrs bestromt die Elektrode, indem es in der vorliegenden Erfindung mit der Innenumfangsfläche der Elektrode in Kontakt ist. Deshalb wird eine Struktur zur Verbindung des zylindrischen Abschnitts der Basisendseite der Elektrode mit der Innenumfangsfläche des Elektrodensitzes, wie sie vorstehend beschrieben ist, überflüssig gemacht. Infolgedessen kann die Struktur der Elektrode oder des Elektrodensitzes verein-

facht werden. Darüber hinaus kann die Elektrode ohne ein spezialisiertes Werkzeug leicht befestigt und entfernt werden, indem die vorstehend beschriebene Gewindestruktur überflüssig gemacht wird. Außerdem wird ein Ersatz des Brennerkörpers sogar dann nicht notwendig, wenn ein Bestromungsfehler auftritt.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist eine Querschnittsansicht entlang der Mittelachse eines Plasmabrenners gemäß einer ersten Ausführungsform.

**Fig. 2** ist eine Explosionsansicht des Plasmabrenners.

**Fig. 3** ist eine Seitenansicht einer Ersatzteileinheit.

**Fig. 4** ist eine Querschnittsansicht entlang der Mittelachse der Ersatzteileinheit.

**Fig. 5** ist eine perspektivische Ansicht einer Elektrode.

**Fig. 6** ist eine perspektivische Ansicht der Elektrode.

**Fig. 7** ist eine Querschnittsansicht der Elektrode.

**Fig. 8** ist eine perspektivische Ansicht einer isolierenden Führung.

**Fig. 9** ist eine perspektivische Ansicht der isolierenden Führung.

**Fig. 10** ist eine Querschnittsansicht der isolierenden Führung.

**Fig. 11** ist eine Ansicht der isolierenden Führung, wie sie von der Basisendseite her zu sehen ist.

**Fig. 12** ist eine Querschnittsansicht der isolierenden Führung, die die Achse eines Kommunikationskanals enthält.

**Fig. 13** ist eine perspektivische Ansicht einer Düse.

**Fig. 14** ist eine perspektivische Ansicht der Düse.

**Fig. 15** ist eine Querschnittsansicht der Düse.

**Fig. 16** ist eine perspektivische Ansicht eines isolierenden Rings.

**Fig. 17** ist eine perspektivische Ansicht des isolierenden Rings.

**Fig. 18** ist eine Querschnittsansicht des isolierenden Rings.

**Fig. 19** ist eine perspektivische Ansicht einer Abschirmkappe.

**Fig. 20** ist eine perspektivische Ansicht der Abschirmkappe.

**Fig. 21** ist eine Querschnittsansicht der Abschirmkappe.

**Fig. 22** ist eine Querschnittsansicht entlang der Linie A-A in **Fig. 21**.

**Fig. 23** ist eine perspektivische Ansicht eines Mittelrohrs.

**Fig. 24** ist eine perspektivische Ansicht des Mittelrohrs.

**Fig. 25** ist eine Querschnittsansicht des Mittelrohrs.

**Fig. 26** ist eine perspektivische Ansicht eines Rohrkörpers.

**Fig. 27** ist eine perspektivische Ansicht eines Kontaktstücks.

**Fig. 28** ist eine Ansicht des Kontaktstücks, wie er von der axialen Richtung her zu sehen ist.

**Fig. 29** ist eine vergrößerte Ansicht der Ersatzteileinheit in **Fig. 1** und der Konfiguration ihrer Umgebung.

**Fig. 30** ist eine von **Fig. 1** verschiedene Querschnittsansicht entlang der Mittelachse eines Plasmabrenners.

**Fig. 31** ist eine vergrößerte Ansicht der Ersatzteileinheit in **Fig. 30** und einer Konfiguration ihrer Umgebung.

**Fig. 32** ist eine Querschnittsansicht entlang der Mittelachse eines Plasmabrenners gemäß einer zweiten Ausführungsform.

**Fig. 33** ist eine Querschnittsansicht einer Ersatzteileinheit gemäß der zweiten Ausführungsform.

**Fig. 34** ist eine perspektivische Ansicht der Ersatzteileinheit gemäß der zweiten Ausführungsform.

**Fig. 35** ist eine perspektivische Ansicht der Ersatzteileinheit gemäß der zweiten Ausführungsform.

**Fig. 36** ist eine perspektivische Ansicht der Düse gemäß der zweiten Ausführungsform.

**Fig. 37** ist eine perspektivische Ansicht der Düse gemäß der zweiten Ausführungsform.

**Fig. 38** ist eine Querschnittsansicht entlang der Mittelachse eines Plasmabrenners gemäß einer weiteren Ausführungsform.

## Beschreibung der Ausführungsformen

## 1. Erste Ausführungsform

## 1.1 Konfiguration eines Plasmabrenners

**[0021]** Ein Plasmabrenner gemäß den Ausführungsformen wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. **Fig. 1** ist eine Querschnittsansicht entlang der Mittelachse eines Plasmabrenners 1a gemäß einer ersten Ausführungsform. **Fig. 2** ist eine Explosionsansicht des Plasmabrenners 1a. Der Plasmabrenner 1a gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ein Plasmabrenner 1a für Sauerstoffplasmaschneiden. Der Plasmabrenner 1a kann jedoch ein Plasmabrenner für Plasmaschneiden unter Verwendung eines Gases sein, das keinen Sauerstoff enthält, wie z.B. Stickstoff oder Argon.

**[0022]** Wie in **Fig. 2** dargestellt, enthält der Plasmabrenner 1a eine Ersatzteileinheit 2a, einen Brennerkörper 3, eine erste Rückhaltekappe 4 und eine zweite Rückhaltekappe 5. Die Ersatzteileinheit 2a, die erste Rückhaltekappe 4, und die zweite Rückhaltekappe 5 sind an der Mittelachse des Brennerkörpers 3 konzentrisch angeordnet.

**[0023]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist die Ersatzteileinheit 2a an dem Brennerkörper 3 befestigt. Die Ersatzteileinheit 2a enthält eine Elektrode 6, eine isolierende Führung 7, eine Düse 8, einen isolierenden Ring 9 und eine Abschirmkappe 10. Details der Ersatzteileinheit 2a werden nachstehend beschrieben.

**[0024]** Der Brennerkörper 3 ist an einem Verbindungsrohr 32 über einen Befestigungsring 31 befestigt. Der Brennerkörper 3 enthält einen Basisabschnitt 33, einen Elektrodensitz 34, ein Mittelrohr 20, einen Düsensitz 36, eine Isolationshülse 37, und einen Halter 38. Der Basisabschnitt 33, der Elektrodensitz 34, das Mittelrohr 20, der Düsensitz 36, die Isolationshülse 37, und der Halter 38 sind an der Mittelachse des Brennerkörpers 3 konzentrisch angeordnet.

**[0025]** Der Basisabschnitt 33 weist eine zylindrische Form auf. Der Basisabschnitt 33 ist mit einem elektrisch leitenden Körper gebildet. Das Mittelrohr 20, der Elektrodensitz 34, und die Isolationshülse 37 sind in eine Öffnung des Basisabschnitts 33 eingeführt. Der Elektrodensitz 34 weist eine zylindrische Form auf. Der Elektrodensitz 34 ist mit einem elektrisch leitenden Körper gebildet. Der Basisabschnitt 33 ist mit einer Leitung elektrisch verbunden, die von einer in den Zeichnungen nicht dargestellten Stromquelle kommt.

**[0026]** Das Mittelrohr 20 ist in eine Öffnung des Elektrodensitzes 34 eingeführt. Das Mittelrohr 20 weist eine rohrähnliche Form auf. Das Mittelrohr 20 ist mit einem elektrisch leitenden Körper gebildet. Das Spitzenende des Mittelrohrs 20 ragt von dem Spitzenende des Düsensitzes 36 hervor. Das Mittelrohr 20 wird nachstehend detailliert beschrieben.

**[0027]** Die Isolationshülse 37 weist eine zylindrische Form auf. Die Isolationshülse 37 ist mit einem elektrisch leitenden Körper gebildet. Ein Abschnitt der Isolationshülse 37 ist innerhalb der Öffnung des Basisabschnitts 33 angeordnet. Die Isolationshülse 37 ist zwischen dem Elektrodensitz 34 und dem Düsensitz 36 angeordnet.

**[0028]** Der Düsensitz 36 weist eine zylindrische Form auf. Ein Spitzenendabschnitt des Düsensitzes 36 weist eine verjüngte Form auf. Der Düsensitz 36 ist mit einem isolierenden Körper gebildet. Ein (nicht dargestelltes) Kontaktstück, das die Düse elektrisch verbindet, ist an dem Düsensitz 36 befestigt. Das Kontaktstück ist mit einer von einer Stromquelle kommenden Leitung elektrisch verbunden. Der Basisabschnitt 33 ist in eine Öffnung des Düsensitzes 36 eingeführt. Die Isolationshülse 37 ist in die Öffnung des Düsensitzes 36 eingeführt. Ein Spitzenendabschnitt der Isolationshülse 37 ragt von dem Basisabschnitt 33 hervor und ist innerhalb der Öffnung des Düsensitzes 36 angeordnet.

**[0029]** Der Halter 38 weist eine zylindrische Form auf. Der Halter 38 ist an dem Verbindungsrohr 32 z.B. mittels Kleben befestigt. Der Düsensitz 36 ist in eine Öffnung des Halters 38 eingeführt. Der Spitzenendabschnitt des Düsensitzes 36 ragt von dem Halter 38 hervor.

**[0030]** Die erste Rückhaltekappe 4 weist eine zylindrische Form auf, in der der Spitzenendabschnitt verjüngt ist. Die erste Rückhaltekappe 4 ist an dem Brennerkörper 3 derart befestigt, dass sie den Düsensitz 36 abdeckt. Der Spitzenendabschnitt der ersten Rückhaltekappe 4 enthält eine Öffnung 41, in die die Abschirmkappe 10 eingeführt ist. Der Halter 38 und der Düsensitz 36 sind innerhalb der ersten Rückhaltekappe 4 angeordnet. Die Außenumfangsfläche des Halters 38 ist mit einem Außengewindeabschnitt 311 vorgesehen. Ein Innengewindeabschnitt 42 ist an der Innenumfangsfläche des Basisabschnitts der ersten Rückhaltekappe 4 vorgesehen. Die erste Rückhaltekappe 4 ist an dem Brennerkörper 3 befestigt, indem der Außengewindeabschnitt 311 des Halters 38 in den Innengewindeabschnitt 42 der ersten Rückhaltekappe 4 eingeschraubt wird. Die zweite Rückhaltekappe 5 weist eine zylindrische Form auf, in der der Spitzenendabschnitt verjüngt ist. Der Spitzenendabschnitt der zweiten Rückhaltekappe 5 enthält eine Öffnung 51, in die die Abschirmkappe 10 eingeführt ist. Die

zweite Rückhaltekappe 5 ist mit der ersten Rückhaltekappe 4 derart verbunden, dass sie die erste Rückhaltekappe 4 abdeckt. Die erste Rückhaltekappe 4 ist innerhalb der zweiten Rückhaltekappe 5 angeordnet. Die erste Rückhaltekappe 4 und die zweite Rückhaltekappe 5 verklemmen und halten die Ersatzteileinheit 2a. Ein O-Ring R1 ist an der Außenumfangsfläche der ersten Rückhaltekappe 4 angeordnet. Ein Außengewinde 401 ist an der Außenumfangsfläche der ersten Rückhaltekappe 4 vorgesehen, und ein Innengewinde 501 ist an der Innenumfangsfläche der zweiten Rückhaltekappe 5 vorgesehen. Die zweite Rückhaltekappe 5 ist mit der ersten Rückhaltekappe 4 verbunden, indem das Außengewinde 401 der ersten Rückhaltekappe 4 in das Innengewinde 501 der zweiten Rückhaltekappe 5 eingeschraubt wird.

## 1.2 Konfiguration einer Ersatzteileinheit

**[0031]** Details der Ersatzteileinheit 2a werden nachstehen beschrieben. **Fig. 3** ist eine Seitenansicht der Ersatzteileinheit 2a. **Fig. 4** ist eine Querschnittsansicht entlang der Mittelachse der Ersatzteileinheit 2a.

**[0032]** Wie in **Fig. 3** und **Fig. 4** dargestellt, ist die Ersatzteileinheit 2a eine Einheit, in der die Elektrode 6, die isolierende Führung 7, die Düse 8, der isolierende Ring 9 und die Abschirmkappe 10 durch Pressfitting integriert sind. Die Elektrode 6, die isolierende Führung 7, die Düse 8, der isolierende Ring 9 und die Abschirmkappe 10 sind bezüglich einander konzentrisch angeordnet. Da die Ersatzteileinheit 2a mit der Mittelachse des Brennerkörpers 3 konzentrisch angeordnet ist, stimmen jeweils die Mittelachsen der Elektrode 6, der isolierenden Führung 7, der Düse 8, des isolierenden Rings 9 und der Abschirmkappe 10 mit der Mittelachse des Brennerkörpers 3 überein.

**[0033]** **Fig. 5** und **Fig. 6** sind perspektivische Ansichten der Elektrode 6. **Fig. 7** ist eine Querschnittsansicht der Elektrode 6. Wie in **Fig. 5** und **Fig. 6** dargestellt, weist die Elektrode 6 eine zylindrische Form auf. Die Elektrode 6 ist mit einem elektrisch leitenden Körper gebildet. Die Elektrode 6 enthält einen Elektrodenkörperabschnitt 61, einen Kopplungsabschnitt 62 und einen Flanschabschnitt 63.

**[0034]** Der Elektrodenkörperabschnitt 61 enthält das Spitzenende der Elektrode 6. Ein wärmebeständiger Einsatz 64 ist in der Mitte einer Spitzenendfläche 602 der Elektrode 6 eingebettet. Der wärmebeständige Einsatz 64 wird in der vorliegenden Ausführungsform beispielsweise aus Hafnium hergestellt. Jedoch kann ein von Hafnium verschiedenes Elektrodenmaterial als der wärmebeständige Einsatz 64 verwendet werden. Wie in **Fig. 4** dargestellt, ist ein Abschnitt des Elektroden-

körperabschnitts 61 innerhalb einer Öffnung der isolierenden Führung 7 angeordnet. Der Spitzenendabschnitt des Elektrodenkörperabschnitts 61 ragt aus der isolierenden Führung 7 hervor. Der Spitzenendabschnitt des Elektrodenkörperabschnitts 61 weist eine verjüngte Form auf.

**[0035]** Der Kopplungsabschnitt 62 ist an der Basisendseite des Elektrodenkörperabschnitts 61 positioniert. Der Kopplungsabschnitt 62 ist in der axialen Richtung der Elektrode 6 zwischen dem Elektrodenkörperabschnitt 61 und dem Flanschabschnitt 63 positioniert. Der Kopplungsabschnitt 62 ist mit der isolierenden Führung 7 durch Pressfitting gekoppelt. Deshalb ist der Kopplungsabschnitt 62 mit der isolierenden Führung 7 derart gekoppelt, dass er ohne einen O-Ring ein Fluid abdichtet.

**[0036]** Die Außenumfangsfläche des Kopplungsabschnitts 62 weist eine ungleichmäßige Form auf, die mit der Innenumfangsfläche der isolierenden Führung 7 ineinandergreift. Insbesondere enthält der Kopplungsabschnitt 62 einen auskragenden Abschnitt 621. Der auskragende Abschnitt 621 ragt von der Außenumfangsfläche des Kopplungsabschnitts 62 hervor. Der auskragende Abschnitt 621 erstreckt sich in der Umfangsrichtung des Kopplungsabschnitts 62. Der Flanschabschnitt 63 ist an der Basisendseite des Kopplungsabschnitts 62 positioniert. Der Flanschabschnitt 63 enthält das Basisende der Elektrode 6. Der Flanschabschnitt 63 weist einen Außendurchmesser auf, der größer als jener des Kopplungsabschnitts 62 ist. Der Flanschabschnitt 63 ist in der axialen Richtung der Elektrode 6 länger als der Kopplungsabschnitt 62. Die Außenumfangsfläche des Flanschabschnitts 63 erstreckt sich in der axialen Richtung der Elektrode 6. Die Außenumfangsfläche des Flanschabschnitts 63 weist eine flache Form ohne Unebenheiten auf, wie in der Querschnittsansicht zu sehen ist. An dem Basisendabschnitt der Außenumfangsfläche des Flanschabschnitts 63 wird ein Anfasen durchgeführt. Ein Stufenabschnitt 66 ist zwischen dem Flanschabschnitt 63 und dem Kopplungsabschnitt 62 vorgesehen. Der Stufenabschnitt 66 ist eine Fläche, die senkrecht zu der axialen Richtung der Elektrode 6 ist.

**[0037]** Die Elektrode 6 enthält einen Innenkanal 65. Das in **Fig. 1** dargestellte Mittelrohr 20 ist in den Innenkanal 65 eingeführt. Ein Einlass des Innenkanals 65 ist an einer Basisendfläche 601 der Elektrode 6 vorgesehen. Der Innenkanal 65 erstreckt sich in der axialen Richtung der Elektrode 6 von der Basisendfläche 601 in Richtung des Spitzenendes der Elektrode 6. Ein auskragender Abschnitt 67 ist in dem Innenkanal 65 an dem Spitzenende der Elektrode 6 vorgesehen. Der vorstehend beschriebene wärmebeständige Einsatz 64 ist innerhalb des auskragenden Abschnitts 67 angeordnet. Ein Abschnitt des auskragenden Abschnitts 67 ist inner-

halb eines Kühlwasserkanals des Mittelrohrs 20 angeordnet, während die Ersatzteileinheit 2a an dem Brennerkörper 3 befestigt ist.

**[0038]** Die Innenumfangsfläche des Innenkanals 65 enthält einen linearen Abschnitt 651 und einen verjüngten Abschnitt 652. Der lineare Abschnitt 651 erstreckt sich parallel zu der axialen Richtung der Elektrode 6. Der verjüngte Abschnitt 652 erstreckt sich in der radialen Richtung in Richtung des Einlasses des Innenkanals 65.

**[0039]** Die isolierende Führung 7 wird als Nächstes beschrieben. **Fig. 8** und **Fig. 9** sind perspektivische Ansichten der isolierenden Führung 7. **Fig. 10** ist eine Querschnittsansicht der isolierenden Führung 7. Die isolierende Führung 7 isoliert elektrisch die Elektrode 6 und die Düse 8 und koppelt die Elektrode 6 und die Düse 8. Die isolierende Führung 7 positioniert die Elektrode 6 und die Düse 8 in der axialen Richtung und in der radialen Richtung bezüglich einander.

**[0040]** Die isolierende Führung 7 weist eine Rohrform auf. Die isolierende Führung 7 ist mit einem isolierenden Körper gebildet. Die isolierende Führung 7 enthält eine Öffnung 706, in die die Elektrode 6 eingeführt ist. Die Öffnung 706 der isolierenden Führung 7 durchdringt die isolierende Führung 7 in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7.

**[0041]** Die isolierende Führung 7 ist aus einem Material gebildet, das einen Elastizitätsmodul aufweist, der kleiner als der Elastizitätsmodul einer Keramik ist. Die isolierende Führung 7 ist in der vorliegenden Ausführungsform aus einem Harz hergestellt, wie z.B. aus einem technischen Kunststoff. Insbesondere ist die isolierende Führung 7 aus einem Harz hergestellt, das eine Dauergebrauchstemperatur von 100 °C oder höher aufweist. Darüber hinaus ist die isolierende Führung 7 vorzugsweise aus einem Harz hergestellt, das eine Dauergebrauchstemperatur von 300 °C oder weniger aufweist. Jedoch kann die isolierende Führung 7 aus einem anderen Material als Harz hergestellt sein.

**[0042]** Wie in **Fig. 10** dargestellt, enthält die Innenumfangsfläche der isolierenden Führung 7 eine erste Innenumfangsfläche 71, einen innenseitigen Stufenabschnitt 72, und eine zweite Innenumfangsfläche 73. Die erste Innenumfangsfläche 71 erstreckt sich in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 und erreicht eine Spitzenendfläche 701 der isolierenden Führung 7. Die erste Innenumfangsfläche 71 weist einen Innendurchmesser auf, der größer als jener der zweiten Innenumfangsfläche 73 ist. Die erste Innenumfangsfläche 71 ist der Außenumfangsfläche des Elektrodenkörperabschnitts 61 mit einem dazwischen gelegenen Spalt zugewandt. Wie nachstehend beschrieben, bildet die erste Innenumfangs-

fläche 71 einen Gaskanal mit der Außenumfangsfläche des Elektrodenkörperabschnitts 61. Der Innendurchmesser der ersten Innenumfangsfläche 71 ist ungefähr dieselbe wie der Innendurchmesser der Düse 8. Deshalb ist der Innendurchmesser des Gaskanals zwischen der ersten Innenumfangsfläche 71 und der Elektrode 6 ungefähr derselbe wie der Innendurchmesser der Düse 8.

**[0043]** Der innenseitige Stufenabschnitt 72 ist an der Basisendseite der ersten Innenumfangsfläche 71 positioniert. Der innenseitige Stufenabschnitt 72 ist in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 zwischen der ersten Innenumfangsfläche 71 und der zweiten Innenumfangsfläche 73 positioniert. Der innenseitige Stufenabschnitt 72 ist bezüglich der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 derart geneigt, dass er in der radialen Richtung in Richtung der Spitzenendseite größer wird.

**[0044]** Eine wärmebeständige Beschichtung 707 ist an der ersten Innenumfangsfläche 71 und dem innenseitigen Stufenabschnitt 72 gebildet. Die wärmebeständige Beschichtung 707 ist aus einem keramikbasierten Material gebildet. Die wärmebeständige Beschichtung 707 ist beispielsweise aus Bornitrid gebildet. Die wärmebeständige Beschichtung 707 kann jedoch aus einem anderen als Bornitrid keramikbasierten Material gebildet sein. Alternativ kann die wärmebeständige Beschichtung 707 aus einem anderen als keramikbasierten Material gebildet sein. Alternativ kann die wärmebeständige Beschichtung 707 weggelassen werden.

**[0045]** Die zweite Innenumfangsfläche 73 ist an der Basisendseite des innenseitigen Stufenabschnitts 72 positioniert. Die zweite Innenumfangsfläche 73 erstreckt sich in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 und erreicht eine Basisendfläche 702 der isolierenden Führung 7. Die zweite Innenumfangsfläche 73 enthält einen ersten Kopplungsabschnitt 74. Der erste Kopplungsabschnitt 74 ist mit dem Kopplungsabschnitt 62 der Elektrode 6 durch Pressfitting gekoppelt. Deshalb ist der erste Kopplungsabschnitt 74 der isolierenden Führung 7 mit der Elektrode 6 derart gekoppelt, dass er ein Fluid ohne einen O-Ring abdichtet.

**[0046]** Wie in **Fig. 4** dargestellt, sind aufgrund dessen, dass der erste Kopplungsabschnitt 74 der isolierenden Führung 7 mit dem Kopplungsabschnitt 62 der Elektrode 6 gekoppelt ist, die Elektrode 6 und die isolierende Führung 7 in der radialen Richtung bezüglich einander positioniert. Darüber hinaus kommt die Basisendfläche 702 der isolierenden Führung 7 mit dem Stufenabschnitt 66 des Flanschabschnitts 63 der Elektrode 6 in Kontakt, wobei die Elektrode 6 und die isolierende Führung 7 in der axialen Richtung bezüglich einander positioniert sind. Der erste Kopplungsabschnitt 74 weist eine

ungleichmäßige Form auf, die mit der Außenumfangsfläche der Elektrode 6 ineinandergreift. Insbesondere enthält der erste Kopplungsabschnitt 74 einen auskragenden Abschnitt 741. Der auskragende Abschnitt 741 ragt von der zweiten Innenumfangsfläche 73 hervor. Der auskragende Abschnitt 741 erstreckt sich in der Umfangsrichtung der zweiten Innenumfangsfläche 73. Der auskragende Abschnitt 741 des ersten Kopplungsabschnitts 74 der isolierenden Führung 7 greift mit dem auskragenden Abschnitt 621 des Kopplungsabschnitts 62 der Elektrode 6 ineinander. Infolgedessen ist die isolierende Führung 7 sicher auf der Elektrode 6 verriegelt.

**[0047]** Die Außenumfangsfläche der isolierenden Führung 7 enthält eine erste Außenumfangsfläche 75, eine zweite Außenumfangsfläche 76 und eine dritte Außenumfangsfläche 77. Die erste Außenumfangsfläche 75 erstreckt sich in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 und erreicht die Spitzenendfläche 701 der isolierenden Führung 7. Die erste Außenumfangsfläche 75 ist innerhalb einer ersten Öffnung 811 der Düse 8 angeordnet. Die erste Außenumfangsfläche 75 enthält einen zweiten Kopplungsabschnitt 78. Der zweite Kopplungsabschnitt 78 ist mit der Innenumfangsfläche der Düse 8 durch Pressfitting gekoppelt. Deshalb ist der zweite Kopplungsabschnitt 78 der isolierenden Führung 7 mit der Düse 8 derart gekoppelt, dass er ein Fluid ohne einen O-Ring abdichtet.

**[0048]** Der zweite Kopplungsabschnitt 78 der isolierenden Führung 7 weist eine ungleichmäßige Form auf, die mit der Innenumfangsfläche der Düse 8 ineinandergreift. Insbesondere enthält der zweite Kopplungsabschnitt 78 der isolierenden Führung 7 einen auskragenden Abschnitt 781. Der auskragende Abschnitt 781 ragt von der ersten Außenumfangsfläche 75 hervor. Der auskragende Abschnitt 781 erstreckt sich in der Umfangsrichtung der ersten Außenumfangsfläche 75.

**[0049]** Die zweite Außenumfangsfläche 76 ist an der Basisendseite der ersten Außenumfangsfläche 75 positioniert. Die zweite Außenumfangsfläche 76 erstreckt sich in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7. Die zweite Außenumfangsfläche 76 weist eine flache Form ohne Unebenheiten auf, wie in der Querschnittsansicht zu sehen ist. Die zweite Außenumfangsfläche 76 ist in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 zwischen der ersten Außenumfangsfläche 75 und der dritten Außenumfangsfläche 77 angeordnet. Die zweite Außenumfangsfläche 76 ist außerhalb der Düse 8 angeordnet. Die zweite Außenumfangsfläche 76 weist einen Außendurchmesser auf, der kleiner als jener der ersten Außenumfangsfläche 75 ist. Mit anderen Worten, der Außendurchmesser der ersten Außenumfangsfläche 75 ist größer als der Außendurchmesser der

zweiten Außenumfangsfläche 76. Die erste Außenumfangsfläche 75 ist in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 kürzer als die zweite Außenumfangsfläche 76.

**[0050]** Die dritte Außenumfangsfläche 77 ist an der Basisendseite der zweiten Außenumfangsfläche 76 positioniert. Die dritte Außenumfangsfläche 77 weist einen Außendurchmesser auf, der kleiner als jeder der zweiten Außenumfangsfläche 76 ist. Die dritte Außenumfangsfläche 77 erstreckt sich in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 und erreicht die Basisendfläche 702 der isolierenden Führung 7. Die zweite Außenumfangsfläche 76 ist in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 länger als die dritte Außenumfangsfläche 77. Mit anderen Worten, die dritte Außenumfangsfläche 77 ist in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 kürzer als die zweite Außenumfangsfläche 76. Die dritte Außenumfangsfläche 77 ist in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 kürzer als die erste Außenumfangsfläche 75.

**[0051]** Die Außenumfangsfläche der isolierenden Führung 7 enthält einen außenseitigen Stufenabschnitt 79. Der außenseitige Stufenabschnitt 79 ist zwischen der zweiten Außenumfangsfläche 76 und der dritten Außenumfangsfläche 77 angeordnet. Der außenseitige Stufenabschnitt 79 ist eine Fläche senkrecht zu der axialen Richtung der isolierenden Führung 7.

**[0052]** Fig. 11 ist eine Ansicht der isolierenden Führung 7, wie sie von der Basisendseite her zu sehen ist. Wie in Fig. 9 und Fig. 11 dargestellt, enthält die isolierende Führung 7 eine Vielzahl von Kommunikationskanälen 703. In der vorliegenden Ausführungsform enthält die isolierende Führung 7 sechs Kommunikationskanäle 703. Die Anzahl der Kommunikationskanäle 703 ist nicht auf sechs beschränkt und kann kleiner als sechs oder größer als sechs sein.

**[0053]** Fig. 12 ist eine Querschnittsansicht der isolierenden Führung 7, die die Achse eines der Kommunikationskanäle 703 enthält. Wie in Fig. 12 dargestellt, ermöglichen die Kommunikationskanäle 703 eine Kommunikation zwischen der Außenseite der isolierenden Führung 7 und der Innenseite der Öffnung 706 der isolierenden Führung 7. Mit anderen Worten, die Kommunikationskanäle 703 ermöglichen eine Kommunikation zwischen der Außenseite der isolierenden Führung 7 und dem Gaskanal innerhalb der isolierenden Führung 7. Die Kommunikationskanäle 703 erstrecken sich in einer Richtung, die bezüglich der axialen Richtung geneigt ist. Die Kommunikationskanäle 703 sind derart geneigt, dass sie sich der Achse der isolierenden Führung 7 in Richtung des Spitzenendes der isolierenden Führung 7 annähern. Der Neigungswinkel der Kommunikationskanäle 703 ist bezüglich der axialen Richtung der iso-



lierenden Führung 7 vorzugsweise zumindest 30 Grad und nicht größer als 60 Grad. Der Neigungswinkel der Kommunikationskanäle 703 ist bezüglich der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 beispielsweise 45 Grad.

**[0054]** Ein Ende jedes der Kommunikationskanäle 703 ist mit dem innenseitigen Stufenabschnitt 72 verbunden. Das andere Ende jedes der Kommunikationskanäle 703 ist mit dem außenseitigen Stufenabschnitt 79 verbunden. Jeder Kommunikationskanal 703 ist in der axialen Richtung der isolierenden Führung 7 mit der Außenumfangsfläche der isolierenden Führung 7 an einer Position verbunden, die an der Basisendseite näher als die Mitte ist. Jeder Kommunikationskanal 703 enthält einen ersten Kommunikationskanal 704 und einen zweiten Kommunikationskanal 705.

**[0055]** Der erste Kommunikationskanal 704 weist einen größeren Strömungspfadquerschnitt als der zweite Kommunikationskanal 705 auf. Der erste Kommunikationskanal 704 ist mit dem außenseitigen Stufenabschnitt 79 verbunden. Der erste Kommunikationskanal 704 kommuniziert mit der Außenseite der isolierenden Führung 7. Der zweite Kommunikationskanal 705 ist mit dem innenseitigen Stufenabschnitt 72 verbunden. Der zweite Kommunikationskanal 705 kommuniziert mit dem Gaskanal innerhalb der isolierenden Führung 7. Während in **Fig. 12** lediglich ein Kommunikationskanal 703 dargestellt ist, weisen die anderen Kommunikationskanäle 703 dieselbe Struktur auf, wie der Kommunikationskanal 703 in **Fig. 12**.

**[0056]** Wie in **Fig. 11** dargestellt, ist die Vielzahl der Kommunikationskanäle 703 bezüglich der Umfangsrichtung und der radialen Richtung geneigt. Alle Kommunikationskanäle 703 sind bezüglich der Umfangsrichtung in derselben Richtung geneigt. Alle Kommunikationskanäle 703 sind bezüglich der radialen Richtung in derselben Richtung geneigt. Infolgedessen erzeugt ein von den Kommunikationskanälen 703 abgegebenes Gas eine Wirbelströmung. Die Vielzahl der Kommunikationskanäle 703 ist in der Umfangsrichtung der isolierenden Führung 7 in gleichen Intervallen angeordnet. Die Achse jedes der Kommunikationskanäle 703 ist um einen vorbestimmten Abstand von einer geraden Linie parallel zu der Achse jedes der Kommunikationskanäle 703 beabstandet und geht durch die Mitte der isolierenden Führung 7 hindurch.

**[0057]** Die Düse 8 wird als Nächstes beschrieben. **Fig. 13** und **Fig. 14** sind perspektivische Ansichten der Düse 8. **Fig. 15** ist eine Querschnittsansicht der Düse 8. Die Düse 8 weist eine zylindrische Form auf, in der der Spitzenendabschnitt verjüngt ist. Die Düse 8 enthält eine Öffnung 811, in die die isolierende Führung 7 eingeführt ist, und die Düse 8 ist mit der iso-

lierenden Führung 7 durch Pressfitting gekoppelt. Insbesondere enthält die Düse 8 einen ersten Düsenabschnitt 81, einen zweiten Düsenabschnitt 82 und einen dritten Düsenabschnitt 83.

**[0058]** Der erste Düsenabschnitt 81 enthält das Basisende der Düse 8. Der erste Düsenabschnitt 81 enthält die erste Öffnung 811. Der zweite Düsenabschnitt 82 ist an der Spitzenendseite des ersten Düsenabschnitts 81 positioniert. Der zweite Düsenabschnitt 82 ist in der axialen Richtung der Düse 8 zwischen dem ersten Düsenabschnitt 81 und dem dritten Düsenabschnitt 83 positioniert. Der zweite Düsenabschnitt 82 ist in der axialen Richtung der Düse 8 länger als der erste Düsenabschnitt 81.

**[0059]** Der zweite Düsenabschnitt 82 enthält eine zweite Öffnung 821, die mit der ersten Öffnung 811 kommuniziert. Die zweite Öffnung 821 weist einen Innendurchmesser auf, der kleiner als jener der ersten Öffnung 811 ist. Deshalb ist zwischen einer Innenumfangsfläche 812 des ersten Düsenabschnitts 81 und einer Innenumfangsfläche 822 des zweiten Düsenabschnitts 82 ein innenseitiger Stufenabschnitt 84 vorgesehen. Der innenseitige Stufenabschnitt 84 ist eine Fläche senkrecht zu der axialen Richtung der Düse 8.

**[0060]** Der Außendurchmesser des zweiten Düsenabschnitts 82 ist derselbe wie der Außendurchmesser des ersten Düsenabschnitts 81. Deshalb ist eine Außenumfangsfläche 823 des zweiten Düsenabschnitts 82 bündig mit einer Außenumfangsfläche 813 des ersten Düsenabschnitts 81. Das Anfasen wird an dem Basisende der Außenumfangsfläche 813 des ersten Düsenabschnitts 81 durchgeführt. Der zweite Düsenabschnitt 82 weist in der radialen Richtung eine Dicke auf, die größer als jene des ersten Düsenabschnitts 81 ist.

**[0061]** Der dritte Düsenabschnitt 83 enthält das Spitzenende der Düse 8. Der dritte Düsenabschnitt 83 ist an der Spitzenendseite des zweiten Düsenabschnitts 82 positioniert. Der dritte Düsenabschnitt 83 enthält eine Strahlöffnung 831. Die Strahlöffnung 831 weist einen Innendurchmesser auf, der kleiner als jener der zweiten Öffnung 821 ist. Die Strahlöffnung 831 erstreckt sich in der axialen Richtung der Düse 8 und erreicht eine Spitzenendfläche 801 der Düse 8. Die vorstehend beschriebene erste Öffnung 811 ist in der axialen Richtung der Düse 8 kürzer als die Strahlöffnung 831.

**[0062]** Die Strahlöffnung 831 kommuniziert mit der zweiten Öffnung 821 über eine verjüngte Öffnung 832. Die verjüngte Öffnung 832 ist in der axialen Richtung der Düse 8 zwischen der Strahlöffnung 831 und der zweiten Öffnung 821 positioniert und ist mit der Strahlöffnung 831 und der zweiten Öffnung 821 verbunden. Die verjüngte Öffnung 832 nimmt in

der radialen Richtung in ihrer Größe in Richtung des Spitzenendes der Düse 8 ab.

**[0063]** Die Außenumfangsfläche der Düse 8 enthält eine erste Außenumfangsfläche 85, eine zweite Außenumfangsfläche 86 und eine dritte Außenumfangsfläche 87. Die erste Außenumfangsfläche 85 erreicht eine Basisendfläche 802 der Düse 8. Die erste Außenumfangsfläche 85 ist durch die Außenumfangsfläche 813 des ersten Düsenabschnitts 81 und die Außenumfangsfläche 823 des zweiten Düsenabschnitts 82 gebildet. Die erste Außenumfangsfläche 85 weist eine lineare Form auf, die sich in der axialen Richtung der Düse 8 erstreckt, wie in der Querschnittsansicht zu sehen ist. Mit anderen Worten, die erste Außenumfangsfläche 85 weist eine flache Form ohne Unebenheiten auf, wie in der Querschnittsansicht zu sehen ist.

**[0064]** Die zweite Außenumfangsfläche 86 ist an der Spitzenendseite der ersten Außenumfangsfläche 85 positioniert. Die zweite Außenumfangsfläche 86 ist in der axialen Richtung der Düse 8 zwischen der ersten Außenumfangsfläche 85 und der dritten Außenumfangsfläche 87 positioniert. Die zweite Außenumfangsfläche 86 weist einen Außendurchmesser auf, der kleiner als jener der ersten Außenumfangsfläche 85 ist. Deshalb ist ein außenseitiger Stufenabschnitt 88 zwischen der ersten Außenumfangsfläche 85 und der zweiten Außenumfangsfläche 86 vorgesehen. Der außenseitige Stufenabschnitt 88 ist eine Fläche senkrecht zu der axialen Richtung der Düse 8.

**[0065]** Die dritte Außenumfangsfläche 87 ist an der Spitzenendseite der zweiten Außenumfangsfläche 86 positioniert. Die dritte Außenumfangsfläche 87 erreicht die Spitzenendfläche 801 der Düse 8. Die dritte Außenumfangsfläche 87 ist in der radialen Richtung derart geneigt, dass sie in Richtung des Spitzenendes kleiner wird.

**[0066]** Die isolierende Führung 7 ist in die erste Öffnung 811 des ersten Düsenabschnitts 81 eingeführt. Die Elektrode 6 ist in die zweite Öffnung 821 des zweiten Düsenabschnitts 82 eingeführt. Wie in **Fig. 4** dargestellt, ist die Innenumfangsfläche 822 des zweiten Düsenabschnitts 82 dem Elektrodenkörperabschnitt 61 mit einem dazwischen gelegenen Spalt zugewandt. Das Spitzenende der Elektrode 6 ist der verjüngten Öffnung 832 des dritten Düsenabschnitts 83 zugewandt.

**[0067]** Der erste Düsenabschnitt 81 ist mit der isolierenden Führung 7 gekoppelt. Insbesondere ist der zweite Kopplungsabschnitt 78 der isolierenden Führung 7 in die erste Öffnung 811 eingeführt und der erste Düsenabschnitt 81 ist mit der zweiten Kopplungsabschnitt 78 der isolierenden Führung 7 durch Pressfitting gekoppelt. Infolgedessen ist die Innenumfangsfläche 812 des ersten Düsenabschnitts 81

mit der isolierenden Führung 7 derart gekoppelt, dass sie ein Fluid ohne einen O-Ring abdichtet.

**[0068]** Die Innenumfangsfläche 812 des ersten Düsenabschnitts 81 ist mit dem zweiten Kopplungsabschnitt 78 der isolierenden Führung 7 gekoppelt, wobei die Düse 8 und die isolierende Führung 7 in der radialen Richtung bezüglich einander positioniert sind. Ferner kommt die Spitzenendfläche 701 der isolierenden Führung 7 mit dem innenseitigen Stufenabschnitt 84 der Düse 8 in Kontakt, wobei die Düse 8 und die isolierende Führung 7 in der axialen Richtung bezüglich einander positioniert sind.

**[0069]** Die Innenumfangsfläche 812 des ersten Düsenabschnitts 81 weist eine ungleichmäßige Form auf, die mit der Außenumfangsfläche der isolierenden Führung 7 ineinandergreift. Insbesondere enthält die Innenumfangsfläche 812 des ersten Düsenabschnitts 81 einen auskragenden Abschnitt 814. Der auskragende Abschnitt 814 des ersten Düsenabschnitts 81 greift mit dem auskragenden Abschnitt 781 des zweiten Kopplungsabschnitts 78 der isolierenden Führung 7 ineinander. Infolgedessen ist die Düse 8 an der isolierenden Führung 7 verriegelt. Die zweite Außenumfangsfläche 86 weist eine ungleichmäßige Form auf, die mit der Innenumfangsfläche des isolierenden Rings 9 ineinandergreift. Insbesondere enthält die zweite Außenumfangsfläche 86 einen auskragenden Abschnitt 861.

**[0070]** **Fig. 16** und **Fig. 17** sind perspektivische Ansichten des isolierenden Rings 9. **Fig. 18** ist eine Querschnittsansicht des isolierenden Rings 9. Wie in **Fig. 16** bis **Fig. 18** dargestellt, enthält der isolierende Ring 9 eine Öffnung 903, in die die Düse 8 eingeführt ist.

**[0071]** Eine Innenumfangsfläche 91 des isolierenden Rings 9 enthält einen auskragenden Abschnitt 911. Eine Außenumfangsfläche 92 des isolierenden Rings 9 enthält einen auskragenden Abschnitt 921.

**[0072]** Der isolierende Ring 9 enthält einen Flanschabschnitt 93. Der Flanschabschnitt 93 ragt aus der Außenumfangsfläche 92 des isolierenden Rings 9 hervor. Deshalb ist ein Stufenabschnitt 94 zwischen der Außenumfangsfläche 92 und dem Flanschabschnitt 93 des isolierenden Rings 9 vorgesehen. Der Stufenabschnitt 94 ist eine Fläche senkrecht zu der axialen Richtung des isolierenden Rings 9.

**[0073]** Wie in **Fig. 4** dargestellt, ist der isolierende Ring 9 mit der Düse 8 durch Pressfitting gekoppelt. Insbesondere ist die Innenumfangsfläche 91 des isolierenden Rings 9 mit der zweiten Außenumfangsfläche 86 der Düse 8 durch Pressfitting gekoppelt. Die Innenumfangsfläche 91 des isolierenden Rings 9 ist mit der zweiten Außenumfangsfläche 86 der Düse 8 gekoppelt, wobei der isolierende Ring 9 und die Düse

8 in der radialen Richtung bezüglich einander positioniert sind.

**[0074]** Ferner kommt eine Basisendfläche 901 des isolierenden Rings 9 mit dem Außenendabschnitt 88 der Düse 8 in Kontakt, wobei der isolierende Ring 9 und die Düse 8 in der axialen Richtung bezüglich einander positioniert sind. Der auskragende Abschnitt 911 der Innenumfangsfläche 91 des isolierenden Rings 9 greift mit dem auskragenden Abschnitt 861 der zweiten Außenumfangsfläche 86 der Düse 8 ineinander. Infolgedessen ist der isolierende Ring 9 auf der Düse 8 sicher verriegelt.

**[0075]** Fig. 19 und Fig. 20 sind perspektivische Ansichten der Abschirmkappe 10. Fig. 21 ist eine Querschnittsansicht der Abschirmkappe 10. Wie in Fig. 19 bis Fig. 21 dargestellt, enthält die Abschirmkappe 10 eine Öffnung 103. Die Düse 8 ist in der Öffnung 103 der Abschirmkappe 10 eingeführt. Die Abschirmkappe 10 enthält eine Strahlöffnung 104. Die Strahlöffnung 104 kommuniziert mit der Öffnung 103 und geht in der axialen Richtung durch eine Spitzenendfläche 101 der Abschirmkappe 10 hindurch.

**[0076]** Die Abschirmkappe 10 enthält eine erste Innenumfangsfläche 11 und eine zweite Innenumfangsfläche 12. Die erste Innenumfangsfläche 11 erstreckt sich in der axialen Richtung der Abschirmkappe 10 und erreicht eine Basisendfläche 102 der Abschirmkappe 10. Die erste Innenumfangsfläche 11 enthält einen auskragenden Abschnitt 111. Die zweite Innenumfangsfläche 12 ist an der Spitzenendseite der ersten Innenumfangsfläche 11 positioniert. Die zweite Innenumfangsfläche 12 ist in der radialen Richtung derart geneigt, dass sie in Richtung des Spitzenendes kleiner wird.

**[0077]** Die Abschirmkappe 10 enthält eine erste Außenumfangsfläche 13, einen Flanschabschnitt 14, eine zweite Außenumfangsfläche 15 und eine dritte Außenumfangsfläche 16. Die erste Außenumfangsfläche 13 erstreckt sich in der axialen Richtung der Abschirmkappe 10 und erreicht die Basisendfläche 102 der Abschirmkappe 10. Der Flanschabschnitt 14 ist an der Spitzenendseite der ersten Außenumfangsfläche 13 positioniert. Der Flanschabschnitt 14 ist in der axialen Richtung der Abschirmkappe 10 zwischen der ersten Außenumfangsfläche 13 und der zweiten Außenumfangsfläche 15 positioniert. Der Flanschabschnitt 14 ragt aus der ersten Außenumfangsfläche 13 hervor. Der Flanschabschnitt 14 ragt aus der zweiten Außenumfangsfläche 15 hervor. Ein außenseitiger Stufenabschnitt 17 ist zwischen dem Flanschabschnitt 14 und der zweiten Außenumfangsfläche 15 vorgesehen. Der außenseitige Stufenabschnitt 17 ist eine Fläche senkrecht zu der axialen Richtung der Abschirmkappe 10. Der Außendurchmesser des Flanschabschnitts 14 ist größer als der Durchmesser der Öffnung 41 der ers-

ten Rückhaltekappe 4. Der Außendurchmesser des Flanschabschnitts 14 ist größer als der Durchmesser der Öffnung 51 der zweiten Rückhaltekappe 5.

**[0078]** Die zweite Außenumfangsfläche 15 ist an der Spitzenendseite des Flanschabschnitts 14 positioniert. Die zweite Außenumfangsfläche 15 weist einen Außendurchmesser auf, der kleiner als jener der ersten Außenumfangsfläche 13 ist. Die zweite Außenumfangsfläche 15 erstreckt sich in der axialen Richtung der Abschirmkappe 10. Die dritte Außenumfangsfläche 16 ist an der Spitzenendseite der zweiten Außenumfangsfläche 15 positioniert. Die dritte Außenumfangsfläche 16 erreicht die Spitzenendfläche 101 der Abschirmkappe 10. Die dritte Außenumfangsfläche 16 ist in der radialen Richtung bezüglich der axialen Richtung der Abschirmkappe 10 derart geneigt, dass sie in Richtung des Spitzenendes kleiner wird.

**[0079]** Fig. 22 zeigt die Querschnittsansicht A-A in Fig. 21. Wie in Fig. 21 und Fig. 22 dargestellt, enthält die Abschirmkappe 10 eine Vielzahl von Kommunikationskanälen 105. Die Kommunikationskanäle 105 ermöglichen eine Kommunikation zwischen der Außenseite der Abschirmkappe 10 und der Innenseite der Öffnung 103 der Abschirmkappe 10. Ein Ende jedes der Kommunikationskanäle 105 erreicht die erste Außenumfangsfläche 13. Das andere Ende jedes der Kommunikationskanäle 105 erreicht die erste Innenumfangsfläche 11.

**[0080]** Die Kommunikationskanäle 105 sind in der Umfangsrichtung der Abschirmkappe 10 in gleichen Intervallen angeordnet. Die Achse jedes der Kommunikationskanäle 105 ist um einen vorbestimmten Abstand von einer geraden Linie parallel zu der Achse jedes der Kommunikationskanäle 105 beabstandet und geht durch die Mitte der isolierenden Führung 7 hindurch, wie in der axialen Richtung der Abschirmkappe 10 zu sehen ist. All die Kommunikationskanäle 105 sind in derselben Richtung bezüglich der Umfangsrichtung geneigt. All die Kommunikationskanäle 105 sind in derselben Richtung bezüglich der radialen Richtung geneigt. Infolgedessen erzeugt ein von den Kommunikationskanälen 105 abgegebenes Gas eine Wirbelströmung.

**[0081]** Wie in Fig. 4 dargestellt, ist die Abschirmkappe 10 mit dem isolierenden Ring 9 durch Pressfitting gekoppelt. Insbesondere ist die erste Innenumfangsfläche 11 der Abschirmkappe 10 mit der Außenumfangsfläche 92 des isolierenden Rings 9 durch Pressfitting gekoppelt. Der auskragende Abschnitt 111 der ersten Innenumfangsfläche 11 der Abschirmkappe 10 greift mit dem auskragenden Abschnitt 921 der Außenumfangsfläche 92 des isolierenden Rings 9 ineinander. Infolgedessen ist die Abschirmkappe 10 an dem isolierenden Ring 9 sicher verriegelt.

**[0082]** Die erste Innenumfangsfläche 11 der Abschirmkappe 10 ist mit der Außenumfangsfläche 92 des isolierenden Rings 9 gekoppelt, wobei die Abschirmkappe 10 und der isolierende Ring 9 in der radialen Richtung bezüglich einander positioniert sind. Infolgedessen sind die Strahlöffnung 104 der Abschirmkappe 10 und die Strahlöffnung 831 der Düse 8 konzentrisch angeordnet. Die Basisendfläche 102 der Abschirmkappe 10 kommt mit dem Stufenabschnitt 94 des isolierenden Rings 9 in Kontakt, wobei die Abschirmkappe 10 und der isolierende Ring 9 in der axialen Richtung bezüglich einander positioniert sind. Infolgedessen ist die Abschirmkappe 10 derart angeordnet, dass sie mit einem dazwischen gelegenen Spalt von der Düse 8 beabstandet ist. Insbesondere ist die zweite Innenumfangsfläche 12 der Abschirmkappe 10 derart angeordnet, dass sie mit einem dazwischen gelegenen Spalt von der dritten Außenumfangsfläche 87 der Düse 8 beabstandet ist. Infolgedessen ist der nachstehend beschriebene Gaskanal zwischen der Abschirmkappe 10 und der Düse 8 gebildet. Die Kommunikationskanäle 105 der Abschirmkappe 10 sind näher an der Spitzenendseite positioniert als das Spitzenende des isolierenden Rings 9. Die Kommunikationskanäle 105 der Abschirmkappe 10 kommunizieren mit dem Gaskanal zwischen der Abschirmkappe 10 und der Düse 8.

**[0083]** Das Mittelrohr 20 wird als Nächstes beschrieben. **Fig. 23** und **Fig. 24** sind perspektivische Ansichten des Mittelrohrs 20. **Fig. 25** ist eine Querschnittsansicht des Mittelrohrs 20. Das Mittelrohr 20 ist in den Innenkanal 65 der Elektrode 6 eingeführt und liefert Kühlwasser in die Elektrode 6 hinein. Das Mittelrohr 20 ist mit einem elektrisch leitenden Körper gebildet. Das Mittelrohr 20 enthält einen Rohrkörper 21 und ein Kontaktstück 22. **Fig. 26** ist eine perspektivische Ansicht des Rohrkörpers 21. **Fig. 27** ist eine perspektivische Ansicht des Kontaktstücks 22. Der Rohrkörper 21 weist eine rohrähnliche Form auf. Der Rohrkörper 21 ist aus einem elektrisch leitenden Körper gebildet. Insbesondere enthält die Außenumfangsfläche des Rohrkörpers 21 einen Flanschabschnitt 23, eine erste Außenumfangsfläche 24, eine zweite Außenumfangsfläche 25 und eine dritte Außenumfangsfläche 26. Der Flanschabschnitt 23 enthält das Basisende des Rohrkörpers 21. Der Flanschabschnitt 23 ragt aus der ersten Außenumfangsfläche 24 hervor. Deshalb ist ein Stufenabschnitt 27 zwischen dem Flanschabschnitt 23 und der ersten Außenumfangsfläche 24 vorgesehen. Der Stufenabschnitt 27 ist eine Fläche senkrecht zu der axialen Richtung des Rohrkörpers 21.

**[0084]** Die erste Außenumfangsfläche 24 ist an der Spitzenendseite des Flanschabschnitts 23 positioniert. Die erste Außenumfangsfläche 24 ist in der axialen Richtung des Rohrkörpers 21 zwischen dem Flanschabschnitt 23 und der zweiten Außenum-

fangsfläche 25 positioniert. Die erste Außenumfangsfläche 24 sich erstreckt in der axialen Richtung des Rohrkörpers 21.

**[0085]** Die zweite Außenumfangsfläche 25 ist an der Spitzenendseite der ersten Außenumfangsfläche 24 positioniert. Die zweite Außenumfangsfläche 25 ist in der axialen Richtung des Rohrkörpers 21 zwischen der ersten Außenumfangsfläche 24 und der dritten Außenumfangsfläche 26 positioniert. Die zweite Außenumfangsfläche 25 erstreckt sich in der axialen Richtung des Rohrkörpers 21. Die zweite Außenumfangsfläche 25 ist in der axialen Richtung des Rohrkörpers 21 kürzer als die erste Außenumfangsfläche 24. Die zweite Außenumfangsfläche 25 weist einen Außendurchmesser auf, der kleiner als jener der ersten Außenumfangsfläche 24 ist.

**[0086]** Die dritte Außenumfangsfläche 26 ist an der Spitzenendseite der zweiten Außenumfangsfläche 25 positioniert. Die dritte Außenumfangsfläche 26 enthält das Spitzenende des Rohrkörpers 21. Die dritte Außenumfangsfläche 26 erstreckt sich in der axialen Richtung des Rohrkörpers 21. Die dritte Außenumfangsfläche 26 ist in der axialen Richtung des Rohrkörpers 21 länger als die erste Außenumfangsfläche 24. Die dritte Außenumfangsfläche 26 weist einen Außendurchmesser auf, der kleiner als jener der zweiten Außenumfangsfläche 25 ist. Ein zurückversetzter Abschnitt 261 ist in der axialen Richtung der dritten Außenumfangsfläche 26 in einem Zwischenabschnitt vorgesehen. Das Kontaktstück 22 ist an dem zurückversetzten Abschnitt 261 befestigt.

**[0087]** Der Rohrkörper 21 enthält einen sich darin befindenden Kühlwasserkanal. Der Kühlwasserkanal geht in der axialen Richtung durch den Rohrkörper 21 hindurch. Der Kühlwasserkanal enthält einen ersten Kanal 211, einen zweiten Kanal 212 und einen dritten Kanal 231. Der erste Kanal 211 erreicht eine Basisendfläche 201 des Rohrkörpers 21. Der erste Kanal 211 ist bezüglich der axialen Richtung des Rohrkörpers 21 derart geneigt, dass er in der radialen Richtung in Richtung des Spitzenendes kleiner wird.

**[0088]** Der zweite Kanal 212 ist an der Spitzenendseite des ersten Kanals 211 positioniert. Der zweite Kanal 212 ist in der axialen Richtung des Rohrkörpers 21 zwischen dem ersten Kanal 211 und dem dritten Kanal 231 positioniert. Der zweite Kanal 212 ist in der axialen Richtung des Rohrkörpers 21 länger als der dritte Kanal 231. Der zweite Kanal 212 erstreckt sich in der axialen Richtung des Rohrkörpers 21.

**[0089]** Der dritte Kanal 231 ist an der Spitzenendseite des zweiten Kanals 212 positioniert. Der dritte Kanal 231 erreicht eine Spitzenendfläche 202 des

Rohrkörpers 21. Der dritte Kanal 231 weist einen Innendurchmesser auf, der größer als jener des zweiten Kanals 212 ist. Der vorstehend beschriebene ausragende Abschnitt 67 der Elektrode 6 ist innerhalb des dritten Kanals 231 angeordnet.

**[0090]** Das Kontaktstück 22 ist von dem Rohrkörper 21 getrennt. Das Kontaktstück 22 ist aus einem elektrisch leitenden Körper gebildet. Das Kontaktstück 22 ist auf eine trennbare Weise an dem Rohrkörper 21 befestigt. Das Kontaktstück 22 ist an der Außenumfangsfläche des Rohrkörpers 21 befestigt. Insbesondere ist das Kontaktstück 22 an dem Rohrkörper 21 befestigt, indem es in dem zurückversetzten Abschnitt 261 der dritten Außenumfangsfläche 26 des Rohrkörpers 21 eingepasst ist.

**[0091]** Das Kontaktstück 22 enthält einen Befestigungsabschnitt 28 und einen Kontaktabschnitt 29. Der Befestigungsabschnitt 28 ist an der Außenumfangsfläche des Rohrkörpers 21 befestigt. Der Befestigungsabschnitt 28 enthält einen ersten Ringabschnitt 281 und einen zweiten Ringabschnitt 282. Der zweite Ringabschnitt 282 ist in der axialen Richtung des Kontaktstücks 22 von dem ersten Ringabschnitt 281 beabstandet angeordnet. Der erste Ringabschnitt 281 und der zweite Ringabschnitt 282 sind beide in den zurückversetzten Abschnitt 261 des Rohrkörpers 21 eingepasst.

**[0092]** Der Kontaktabschnitt 29 kommt mit der Innenumfangsfläche der Elektrode 6 in Kontakt. Der Kontaktabschnitt 29 ist, wenn er in die radiale Richtung des Kontaktstücks 22 gepresst wird, elastisch zur Erzeugung einer Gegenkraft. Insbesondere enthält der Kontaktabschnitt 29 eine Vielzahl von gekrümmten Abschnitten 291. Die gekrümmten Abschnitte 291 sind mit dem ersten Ringabschnitt 281 und dem zweiten Ringabschnitt 282 gekoppelt. Die gekrümmten Abschnitte 291 weisen eine plattenähnliche Form auf, die sich in der radialen Richtung des Kontaktstücks 22 nach außen beult. Der Kontaktabschnitt 29 enthält eine Vielzahl von Schlitzen 292. Die Schlitze 292 sind zwischen der Vielzahl der gekrümmten Abschnitte 291 vorgesehen und erstrecken sich in der axialen Richtung des Kontaktstücks 22. Lediglich einem Abschnitt der Schlitze 292 ist in den Zeichnungen die Referenznummer 292 zugeordnet und die Referenznummern der anderen Schlitze 292s sind weggelassen.

**[0093]** Fig. 28 ist eine Ansicht des Kontaktstücks 22, wie sie von der axialen Richtung her zu sehen ist. Wie in Fig. 28 dargestellt, ist die Vielzahl der gekrümmten Abschnitte 291 in der Umfangsrichtung des Kontaktstücks 22 in gleichen Intervallen angeordnet. Die Vielzahl der Schlitze 292 ist in der Umfangsrichtung des Kontaktstücks 22 in gleichen Intervallen ähnlich angeordnet. Das Kontaktstück 22 enthält in der vorliegenden Ausführungsform

acht gekrümmte Abschnitte 291 und acht Schlitze 292. Jedoch ist die Anzahl der gekrümmten Abschnitte 291 nicht auf acht beschränkt, und kann kleiner als acht oder größer als acht sein. In ähnlicher Weise ist die Anzahl der Schlitze 292 nicht auf acht beschränkt, und kann kleiner als acht oder größer als acht sein.

**[0094]** Wie in Fig. 1 dargestellt, ist der Flanschabschnitt des Mittelrohrs 20 zwischen einer Basisendfläche 341 des Elektrodensitzes 34 und einer unteren Fläche 331 der Öffnung des Basisabschnitts 33 angeordnet. Der Flanschabschnitt 23 kommt mit der Basisendfläche 341 des Elektrodensitzes 34 in Kontakt. Infolgedessen sind das Mittelrohr 20 und der Elektrodensitz 34 elektrisch verbunden. Darüber hinaus ist das Mittelrohr 20 in der radialen Richtung und der axialen Richtung positioniert.

**[0095]** Fig. 29 ist eine vergrößerte Ansicht der Ersatzteileinheit 2a in Fig. 1 und die Konfiguration der Umgebung derselben. Wie in Fig. 29 dargestellt, kommt das Kontaktstück 22 des Mittelrohrs 20 mit der Innenumfangsfläche der Elektrode 6 in Kontakt. Aufgrund dessen, dass das Kontaktstück 22 in den Innenkanal 65 der Elektrode 6 eingeführt ist, ist das Kontaktstück 22 in Richtung der Innenseite in der radialen Richtung elastisch deformiert. Das Kontaktstück 22 wird durch die Gegenkraft der elastischen Deformation gegen die Innenumfangsfläche der Elektrode 6 gepresst. Das Mittelrohr 20 und der Elektrodensitz 34 sind elektrisch verbunden. Deshalb kommt das Kontaktstück 22 mit der Innenumfangsfläche der Elektrode 6 in Kontakt, wodurch die Elektrode 6 bestromt wird.

**[0096]** Die Elektrode 6 enthält eine erste Bestromungsfläche 603 und eine zweite Bestromungsfläche 601. Die erste Bestromungsfläche 603 ist ein Abschnitt, der mit dem Kontaktstück 22 an der Innenumfangsfläche des Innenkanals 65 in Kontakt ist. Die Elektrode 6 ist mit dem Elektrodensitz 34 über das Mittelrohr 20 und die erste Bestromungsfläche 603 elektrisch verbunden. Die erste Bestromungsfläche 603 ist an der Spitzenendseite des verjüngten Abschnitts 652 an dem verjüngten Abschnitt 652 angrenzend angeordnet. Die erste Bestromungsfläche 603 ist innerhalb des nachstehend beschriebenen Kühlwasserkanals positioniert.

**[0097]** Die zweite Bestromungsfläche 601 ist die Basisendfläche 601 der Elektrode 6. Die zweite Bestromungsfläche 601 kommt mit einer Spitzenendfläche 342 des Elektrodensitzes 34 in Kontakt. Die Elektrode 6 ist mit dem Elektrodensitz 34 über eine zweite Bestromungsfläche 601 elektrisch verbunden. Die zweite Bestromungsfläche 601 ist an dem nachstehend beschriebenen Kühlwasserkanal angrenzend.

### 1.3 Kühlwasserkanal

**[0098]** Der Kühlwasserkanal des Plasmabrenners 1a wird als Nächstes beschrieben. Die durchgezogenen Linienpfeile in **Fig. 1** deuten die Strömung des Kühlwassers an. Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist ein Kühlwasserzufuhrrohr 45 mit dem Basisabschnitt 33 verbunden. Das Kühlwasserzufuhrrohr 45 ist innerhalb des Düsensitzes 36 mit einem zweiten Kühlwasserkanal W2 über einen ersten Kühlwasserkanal W1 in dem Basisabschnitt 33 verbunden. Der erste Kühlwasserkanal W1 erstreckt sich von der Basisendfläche des Basisabschnitts 33 in Richtung der Außenumfangsfläche des Basisabschnitts 33. Der zweite Kühlwasserkanal W2 erstreckt sich von der Innenumfangsfläche des Düsensitzes 36 in Richtung des Spitzenendabschnitts des Düsensitzes 36. Der zweite Kühlwasserkanal W2 ist mit einem dritten Kühlwasserkanal W3 verbunden. Der dritte Kühlwasserkanal W3 ist ein ringförmiger Kanal, der von dem Düsensitz 36, der ersten Rückhaltekappe 4 und der Ersatzteileinheit 2a umschlossen ist.

**[0099]** Wie in **Fig. 29** dargestellt, ist zwischen einer Spitzenendfläche 371 der Isolationshülse 37 und der Basisendfläche 802 der Düse 8 ein Spalt vorgesehen, und der Spalt bildet einen Abschnitt des dritten Kühlwasserkanals W3. Deshalb ist die Basisendfläche 802 der Düse 8 innerhalb des dritten Kühlwasserkanals W3 angeordnet. Darüber hinaus erstreckt sich der Spalt zwischen der Spitzenendfläche 371 der Isolationshülse 37 und der Basisendfläche 802 der Düse 8 bis zu der zweiten Außenumfangsfläche 76 der isolierenden Führung 7. Deshalb ist ein Abschnitt der zweiten Außenumfangsfläche 76 der isolierenden Führung 7 innerhalb des dritten Kühlwasserkanal W3 angeordnet.

**[0100]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist der dritte Kühlwasserkanal W3 mit einem achten Kühlwasserkanal W8 über einen vierten Kühlwasserkanal W4 innerhalb des Düsensitzes 36, ein fünfter Kühlwasserkanal W5 zwischen dem Düsensitz 36 und der Isolationshülse 37, ein sechster Kühlwasserkanal W6 innerhalb der Isolationshülse 37 und ein siebter Kühlwasserkanal W7 innerhalb des Elektrodensitzes 34 verbunden.

**[0101]** Der vierte Kühlwasserkanal W4 erstreckt sich von dem Spitzenende des Düsensitzes 36 in Richtung der Innenumfangsfläche des Düsensitzes 36. Der fünfte Kühlwasserkanal W5 ist ein ringförmiger Kanal, der zwischen dem Düsensitz 36 und der Isolationshülse 37 vorgesehen ist. Der sechste Kühlwasserkanal W6 ist eine Vielzahl von Kanälen, die sich in der radialen Richtung von der Außenumfangsfläche der Isolationshülse 37 in Richtung der Innenumfangsfläche der Isolationshülse 37 erstrecken. Der siebte Kühlwasserkanal W7 ist eine Vielzahl von Kanälen, die sich in der radialen Richtung von

der Außenumfangsfläche des Elektrodensitzes 34 in Richtung der Innenumfangsfläche des Elektrodensitzes 34 erstrecken. Der achte Kühlwasserkanal W8 ist ein Kanal zwischen dem Elektrodensitz 34 und dem Mittelrohr 20.

**[0102]** Der achte Kühlwasserkanal W8 ist mit einem neunten Kühlwasserkanal W9 zwischen der Elektrode 6 und dem Mittelrohr 20 verbunden. Der neunte Kühlwasserkanal W9 kommuniziert mit einem zehnten Kühlwasserkanal W10 innerhalb des Mittelrohrs 20 an dem Spitzenendabschnitt des Mittelrohrs 20. Der zehnte Kühlwasserkanal W10 ist mit einem Kühlwasserausstoßrohr 46 über einen elften Kühlwasserkanal W11 innerhalb des Basisabschnitts 33 verbunden.

**[0103]** Das Kühlwasser wird aus einer Kühlwasserzufuhrquelle durch das Kühlwasserzufuhrrohr 45, den ersten Kühlwasserkanal W1 innerhalb des Basisabschnitts 33 und den zweiten Kühlwasserkanal W2 innerhalb des Düsensitzes 36 zu dem dritten Kühlwasserkanal W3 zugeführt. Das Kühlwasser durchläuft von dem dritten Kühlwasserkanal W3, den vierten Kühlwasserkanal W4 innerhalb des Düsensitzes 36, den fünften Kühlwasserkanal W5 zwischen dem Düsensitz 36 und der Isolationshülse 37, den sechsten Kühlwasserkanal W6 innerhalb der Isolationshülse 37 und den siebten Kühlwasserkanal W7 innerhalb des Elektrodensitzes 34, bis zu dem achten Kühlwasserkanal W8 zwischen dem Elektrodensitz 34 und dem Mittelrohr 20. Das Kühlwasser durchläuft von dem achten Kühlwasserkanal W8 den neunten Kühlwasserkanal W9 zwischen der Elektrode 6 und dem Mittelrohr 20, den zehnten Kühlwasserkanal W10 innerhalb des Mittelrohrs 20, den elften Kühlwasserkanal W11 innerhalb des Basisabschnitts 33 und das Kühlwasserausstoßrohr 46, um zur Außenseite des Plasmabrenners 1a ausgetrieben zu werden.

### 1.4 Gaskanal

**[0104]** Der Plasmagaskanal des Plasmabrenners 1a wird als Nächstes beschrieben. Das Plasmagas der vorliegenden Ausführungsform ist Sauerstoff. Es kann jedoch ein anderes Gas, wie z.B. Argon oder Stickstoff, verwendet werden. **Fig. 30** ist eine von **Fig. 1** verschiedene Querschnittsansicht entlang der Mittelachse eines Plasmabrenners. Die gestrichelten Linienpfeile in **Fig. 1** und **Fig. 30** deuten die Strömung des Plasmagases an. Insbesondere die gestrichelten Linienpfeile in **Fig. 30** deuten die Strömung des Hauptgases an. Die gestrichelten Linienpfeile in **Fig. 1** deuten die Strömung des Hilfsgases an.

**[0105]** Wie in **Fig. 30** dargestellt, ist ein Hauptgaszufuhrrohr 47 mit dem Basisabschnitt 33 verbunden. Das Hauptgaszufuhrrohr 47 ist mit einem zweiten

Hauptgaskanal MG2 zwischen dem Basisabschnitt 33 und der Isolationshülse 37 über einen ersten Hauptgaskanal MG1 innerhalb des Basisabschnitts 33 verbunden. Der erste Hauptgaskanal MG1 erstreckt sich in der axialen Richtung von der Basisendfläche des Basisabschnitts 33 in Richtung eines Stufenabschnitts 332 der Innenumfangsfläche des Basisabschnitts 33. Der zweite Hauptgaskanal MG2 ist ein ringförmiger Kanal, der zwischen dem Stufenabschnitt 332 der Innenumfangsfläche des Basisabschnitts 33 und einem Stufenabschnitt 372 der Außenumfangsfläche der Isolationshülse 37 gebildet ist.

**[0106]** Der zweite Hauptgaskanal MG2 ist mit einem vierten Hauptgaskanal MG4 über einen dritten Hauptgaskanal MG3 innerhalb der Isolationshülse 37 verbunden. Der dritte Hauptgaskanal MG3 erstreckt sich in der axialen Richtung von dem Stufenabschnitt 372 der Außenumfangsfläche der Isolationshülse 37. Der vierte Hauptgaskanal MG4 ist ein ringförmiger Kanal zwischen der Isolationshülse 37 und der Ersatzteileinheit 2a.

**[0107]** Fig. 31 ist eine vergrößerte Ansicht der Ersatzteileinheit 2a in Fig. 30 und die Konfiguration der Umgebung derselben. Wie in Fig. 31 dargestellt, ist der vierte Hauptgaskanal MG4 von der Innenumfangsfläche der Isolationshülse 37, der Außenumfangsfläche der isolierenden Führung 7 und der Außenumfangsfläche der Elektrode 6 gebildet.

**[0108]** Insbesondere ist ein Stufenabschnitt 373 an der Innenumfangsfläche der Isolationshülse 37 vorgesehen. Der Stufenabschnitt 373 ist eine Fläche senkrecht zu der axialen Richtung der Isolationshülse 37. Während die Ersatzteileinheit 2a an dem Brennerkörper 3 befestigt ist, ist der außenseitige Stufenabschnitt 79 der isolierenden Führung 7 in der Innenumfangsfläche der Isolationshülse 37 mit einem dazwischen gelegenen Spalt von dem Stufenabschnitt 373 beabstandet angeordnet. Der vierte Hauptgaskanal MG4 geht durch den Spalt zwischen dem außenseitigen Stufenabschnitt 79 der isolierenden Führung 7 und dem Stufenabschnitt 373 der Innenumfangsfläche der Isolationshülse 37 hindurch.

**[0109]** Der vierte Hauptgaskanal MG4 ist von dem vorstehend beschriebenen dritten Kühlwasserkanal W3 durch einen O-Ring R2 abgedichtet. Der O-Ring R2 ist in einem zurückversetzten Abschnitt 374 eingepasst, der an der Innenumfangsfläche der Isolationshülse 37 vorgesehen ist. Der O-Ring R2 kommt mit einem Abschnitt der zweiten Außenumfangsfläche 76 der isolierenden Führung 7 in Kontakt. Das heißt, die zweite Außenumfangsfläche 67 der isolierenden Führung 7 enthält eine Dichtungsfläche 761, die mit dem O-Ring in Kontakt ist. Ein Abschnitt der zweiten Außenumfangsfläche 76 ist an der Spitzenendseite der Dichtungsfläche 761

innerhalb des dritten Kühlwasserkanals W3 angeordnet. Ein Abschnitt der zweiten Außenumfangsfläche 76 ist an der Basisendseite der Dichtungsfläche 761 innerhalb des vierten Hauptgaskanal MG4 angeordnet. Die dritte Außenumfangsfläche 77 ist auch innerhalb des vierten Hauptgaskanal MG4 auf dieselbe Weise wie die zweite Außenumfangsfläche 76 angeordnet.

**[0110]** Wie in Fig. 29 dargestellt, ist der vierte Hauptgaskanal MG4 von dem vorstehend beschriebenen sechsten Kühlwasserkanal W6 und dem siebten Kühlwasserkanal W7 durch einen O-Ring R3 abgedichtet. Der O-Ring R3 ist in einen zurückversetzten Abschnitt 375 eingepasst, der an der Innenumfangsfläche der Isolationshülse 37 vorgesehen ist. Der O-Ring R3 kommt mit einem Abschnitt der Außenumfangsfläche des Flanschabschnitts 63 der Elektrode 6 in Kontakt. Das heißt, die Außenumfangsfläche des Flanschabschnitts 63 enthält eine Dichtungsfläche 631, die mit dem O-Ring R3 in Kontakt kommt. Ein Abschnitt der Außenumfangsfläche des Flanschabschnitts 63 ist an der Spitzenendseite der Dichtungsfläche 631 innerhalb des vierten Hauptgaskanal MG4 angeordnet.

**[0111]** Wie in Fig. 31 dargestellt, ist der vierte Hauptgaskanal MG4 zwischen der isolierenden Führung 7 und der Elektrode 6 über die Vielzahl von Kommunikationskanälen 703 der isolierenden Führung 7 mit einem fünften Hauptgaskanal MG5 verbunden. Der fünfte Hauptgaskanal MG5 ist ein ringförmiger Kanal zwischen der Innenumfangsfläche der isolierenden Führung 7 und der Außenumfangsfläche der Elektrode 6. Der fünfte Hauptgaskanal MG5 ist mit einem sechsten Hauptgaskanal MG6 zwischen der Düse 8 und der Elektrode 6 verbunden. Der Innendurchmesser des fünften Hauptgaskanal MG5 ist derselbe wie der Innendurchmesser des sechsten Hauptgaskanal MG6. Der sechste Hauptgaskanal MG6 kommuniziert mit der Strahlöffnung 831 der Düse 8.

**[0112]** Das Hauptgas strömt von der Hauptgaszufuhrquelle, durch den ersten Hauptgaskanal MG1 innerhalb des Basisabschnitts 33, den zweiten Hauptgaskanal MG2 zwischen dem Basisabschnitt 33 und der Isolationshülse 37 und den dritten Hauptgaskanal MG3 innerhalb der Isolationshülse 37 zu dem vierten Hauptgaskanal MG4 zwischen der Isolationshülse 37 und der Ersatzteileinheit 2a. Das Hauptgas erzeugt eine Wirbelströmung, indem es von dem vierten Hauptgaskanal MG4 durch die Kommunikationskanäle 703 hindurchfließt, und wird in dem fünften Hauptgaskanal MG5 ausgestoßen. Das Hauptgas, das die Wirbelströmung erzeugt hat, durchfließt den sechsten Hauptgaskanal MG6 und wird von der Strahlöffnung 831 der Düse 8 ausgestoßen.

**[0113]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist ein Hilfsgaszufuhrrohr 48 mit dem Basisabschnitt 33 verbunden. Das Hilfsgaszufuhrrohr 48 ist mit einem zweiten Hilfsgaskanal AG2 innerhalb des Düsensitzes 36 über einen ersten Hilfsgaskanal AG1 innerhalb des Basisabschnitts 33 verbunden. Der erste Hilfsgaskanal AG1 erstreckt sich von der Basisendfläche des Basisabschnitts 33 in Richtung der Außenumfangsfläche des Basisabschnitts 33. Der zweite Hilfsgaskanal AG2 erstreckt sich von der Innenumfangsfläche des Düsensitzes 36 in Richtung der Außenumfangsfläche des Düsensitzes 36.

**[0114]** Der zweite Hilfsgaskanal AG2 ist mit einem vierten Hilfsgaskanal AG4 zwischen dem Halter 38 und der zweiten Rückhaltekappe 5 über einen dritten Hilfsgaskanal AG3 innerhalb des Halters 38 verbunden. Der dritte Hilfsgaskanal AG3 erstreckt sich von der Innenumfangsfläche in Richtung der Außenumfangsfläche des Halters 38. Der vierte Hilfsgaskanal AG4 ist ein ringförmiger Kanal zwischen der Außenumfangsfläche des Halters 38 und der Innenumfangsfläche der zweiten Rückhaltekappe 5.

**[0115]** Der vierte Hilfsgaskanal AG4 ist mit einem sechsten Hilfsgaskanal AG6 zwischen der ersten Rückhaltekappe 4 und der zweiten Rückhaltekappe 5 über einen fünften Hilfsgaskanal AG5 innerhalb der zweiten Rückhaltekappe 5 verbunden. Der fünfte Hilfsgaskanal AG5 ist eine Vielzahl von Kanälen, die sich von der Innenumfangsfläche in Richtung der Außenumfangsfläche der zweiten Rückhaltekappe 5 erstrecken. Der sechste Hilfsgaskanal AG6 ist ein ringförmiger Kanal zwischen der Innenumfangsfläche der ersten Rückhaltekappe 4 und der Außenumfangsfläche der zweiten Rückhaltekappe 5.

**[0116]** Wie in **Fig. 29** dargestellt, ist der sechste Hilfsgaskanal AG6 mit einem siebten Hilfsgaskanal AG7 zwischen der Düse 8 und der Abschirmkappe 10 über die Vielzahl von Kommunikationskanälen 105 in der Abschirmkappe 10 verbunden. Der siebte Hilfsgaskanal AG7 kommuniziert mit der Strahlöffnung 831 der Düse 8 und der Strahlöffnung 104 der Abschirmkappe 10.

**[0117]** Der sechste Hilfsgaskanal AG6 ist von dem vorstehend beschriebenen dritten Kühlwasserkanal W3 durch einen O-Ring R4 abgedichtet. Der O-Ring R4 ist in einen zurückversetzten Abschnitt 44 eingepasst, der an dem Spitzenendabschnitt an der Innenumfangsfläche der ersten Rückhaltekappe 4 vorgesehen ist. Der O-Ring R4 kommt mit der ersten Außenumfangsfläche 13 der Abschirmkappe 10 in Kontakt. Das heißt, die erste Außenumfangsfläche 13 der Abschirmkappe 10 enthält eine Dichtungsfläche 131, die mit dem O-Ring R4 in Kontakt kommt.

**[0118]** Der isolierende Ring 9 ist, wie vorstehend beschrieben, mit der Düse 8 durch Pressfitting

gekoppelt. Der isolierende Ring 9 ist auch mit der Abschirmkappe 10 durch Pressfitting gekoppelt. Folglich ist der siebte Hilfsgaskanal AG7 von dem vorstehend beschriebenen dritten Kühlwasserkanal W3 durch den isolierenden Ring 9 abgedichtet.

**[0119]** Das Hilfsgas strömt von der Hilfsgaszufuhrquelle durch den ersten Hilfsgaskanal AG1 innerhalb des Basisabschnitts 33, durch den zweiten Hilfsgaskanal AG2 innerhalb des Düsensitzes 36, durch den dritten Hilfsgaskanal AG3 innerhalb des Halters 38, durch den vierten Hilfsgaskanal AG4 zwischen dem Halter 38 und der zweiten Rückhaltekappe 5 und durch den fünften Hilfsgaskanal AG5 innerhalb der zweiten Rückhaltekappe 5 zu dem sechsten Hilfsgaskanal AG6 zwischen der ersten Rückhaltekappe 4 und der zweiten Rückhaltekappe 5. Das Hilfsgas fließt von dem sechsten Hilfsgaskanal AG6 durch die Kommunikationskanäle 105, um eine Wirbelströmung zu erzeugen, und wird in dem siebten Hilfsgaskanal AG7 ausgestoßen. Das Hilfsgas, das die Wirbelströmung erzeugt, fließt durch den siebten Hilfsgaskanal AG7 hindurch und wird von der Strahlöffnung 104 der Abschirmkappe zusammen mit dem Hauptgas ausgestoßen.

#### 1.5 Austauschverfahren der Ersatzteileinheit

**[0120]** Ein Austauschverfahren der Ersatzteileinheit 2a wird als Nächstes beschrieben. Die Ersatzteileinheit 2a ist ein Verbrauchsartikel. Infolgedessen ist die Ersatzteileinheit 2a an dem Brennerkörper 3 auf eine trennbare Weise befestigt und wird durch eine neue Einheit ersetzt, wenn die Abnutzung soweit fortschreitet, dass ein Austausch notwendig wird. Wie in **Fig. 29** dargestellt, wird der Stufenabschnitt 17 der Abschirmkappe 10 in der axialen Richtung durch den Kantenabschnitt der Öffnung 51 der zweiten Rückhaltekappe 5 in dem Plasmabrenner 1a gepresst. Weiterhin wird der Flanschabschnitt 14 der Abschirmkappe 10 zwischen dem Kantenabschnitt der Öffnung 41 der ersten Rückhaltekappe 4 und dem Kantenabschnitt der Öffnung 51 der zweiten Rückhaltekappe 5 eingeklemmt. Infolgedessen wird die Ersatzteileinheit 2a fixiert. Folglich wird die zweite Rückhaltekappe 5 zuerst entfernt, wenn man die Ersatzteileinheit 2a ersetzt.

**[0121]** Während die zweite Rückhaltekappe 5 entfernt wird, wird die Ersatzteileinheit 2a durch die elastische Kraft der O-Ringe R2, R3, und R4 gehalten. Deshalb werden die isolierende Führung 7 und die Elektrode 6 der Ersatzteileinheit 2a von der Isolationshülse 37 weggezogen, indem die Ersatzteileinheit 2a von der Öffnung 41 der ersten Rückhaltekappe 4 in Richtung der Spitzenendseite gezogen wird. Zu diesem Zeitpunkt gleitet das Kontaktstück 22 des Mittelrohrs 20 entlang der Innenumfangsfläche der Elektrode 6 und die Elektrode 6 wird aus dem Mittelrohr 20 herausgezogen. Wie vorstehend



beschrieben, kann die Ersatzteileinheit 2a aus dem Brennerkörper 3 auf eine integrierte Weise leicht entfernt werden.

**[0122]** Die erste Rückhaltekappe 4 kann gelockert werden, bevor die Ersatzteileinheit 2a aus der Öffnung 41 der ersten Rückhaltekappe 4 in Richtung der Spitzenendseite gezogen wird. Infolgedessen verfängt sich der Flanschabschnitt 14 der Abschirmkappe 10 an dem Kantenabschnitt der Öffnung 41 der ersten Rückhaltekappe 4 und wird herausgedrückt. Folglich kann die Ersatzteileinheit 2a leicht entfernt werden.

**[0123]** Wenn man eine neue Ersatzteileinheit 2a befestigt, wird die Ersatzteileinheit 2a von der Öffnung 41 der ersten Rückhaltekappe 4 her in Richtung der Basisendseite eingeführt. Infolgedessen werden die Elektrode 6 und die isolierende Führung 7 der Ersatzteileinheit 2a in die Isolationshülse 37 eingeführt. Zu diesem Zeitpunkt wird das Mittelrohr 20 in die Elektrode 6 eingeführt, und das Kontaktstück 22 des Mittelrohrs 20 gleitet entlang der Innenumfangsfläche der Elektrode 6.

**[0124]** Wenn die zweite Rückhaltekappe 5 an der ersten Rückhaltekappe 4 befestigt wird, presst der Kantenabschnitt der Öffnung 51 der zweiten Rückhaltekappe 5 den Stufenabschnitt 17 der Abschirmkappe 10 in Richtung der Basisendseite. Infolgedessen wird die Ersatzteileinheit 2a in Richtung der Basisendseite gedrückt, bis die Basisendfläche 601 der Elektrode 6 mit der Spitzenendfläche 342 des Elektrodensitzes 34 in Kontakt kommt. Weiterhin wird der Flanschabschnitt 14 der Abschirmkappe 10 eingeklemmt und durch den Kantenabschnitt der Öffnung 41 der ersten Rückhaltekappe 4 und den Kantenabschnitt der Öffnung 51 der zweiten Rückhaltekappe 5 gehalten, wodurch die Ersatzteileinheit 2a gesichert wird.

**[0125]** In dem Plasmabrenner 1a gemäß der vorstehend beschriebenen vorliegenden Ausführungsform wird aufgrund dessen, dass das Kontaktstück 22 des Mittelrohrs 20 mit der Innenumfangsfläche der Elektrode 6 in Kontakt kommt, die Elektrode 6 bestromt. Deshalb wird eine Struktur zur Verbindung des zylindrischen Abschnitts der Basisendseite der Elektrode 6 mit der Innenumfangsfläche des Elektrodensitzes 34, wie in dem herkömmlichen Plasmabrenner, überflüssig gemacht. Infolgedessen kann die Struktur der Elektrode 6 oder des Elektrodensitzes 34 vereinfacht werden. Darüber hinaus kann die Elektrode 6 ohne ein spezialisiertes Werkzeug leicht befestigt und entfernt werden, weil die Gewindestruktur zur Verbindung der Elektrode 6 mit dem Elektrodensitz 34 überflüssig gemacht wird. Außerdem wird ein Austausch des Brennerkörpers 3 sogar dann nicht notwendig, wenn ein Bestromungsfehler auftritt.

**[0126]** Das Kontaktstück 22 ist elastisch, um, wenn es in die radiale Richtung des Rohrkörpers 21 gepresst wird, eine Gegenkraft zu erzeugen. Aufgrund der Elastizität wird infolgedessen das Kontaktstück 22 in Richtung der Innenumfangsfläche der Elektrode 6 gedrängt. Infolgedessen kann der Kontakt zwischen dem Kontaktstück 22 und der Elektrode 6 auf eine stabile Weise hergestellt werden. Folglich kann die Bestromung zwischen dem Kontaktstück 22 und der Elektrode 6 auf eine stabile Weise ausgeführt werden.

**[0127]** Das Kontaktstück 22 ist von dem Rohrkörper 21 getrennt und ist an der Außenumfangsfläche des Rohrkörpers 21 befestigt. Infolgedessen kann, wenn das Kontaktstück 22 beschädigt ist, lediglich das Kontaktstück 22 ersetzt werden. Folglich können Kosten reduziert werden.

**[0128]** Der Innenkanal 65 der Elektrode 6 enthält den verjüngten Abschnitt 652, der in der radialen Richtung in Richtung des Einlasses des Innenkanals 65 im Ausmaß zunimmt. Infolgedessen kann das Kontaktstück 22 leicht in den Innenkanal 65 eingeführt werden.

**[0129]** Die erste Bestromungsfläche 603 ist an der Spitzenendseite des verjüngten Abschnitts 652 an dem verjüngten Abschnitt 652 angrenzend angeordnet. Infolgedessen kann die Entfernung, um die das Kontaktstück 22 in dem Innenkanal 65 gleitet, reduziert werden, wenn das Mittelrohr 20 in die Elektrode 6 eingeführt und aus dieser entnommen wird. Infolgedessen kann die Reibung zwischen dem Kontaktstück 22 und der Elektrode 6 reduziert werden. Darüber hinaus kann eine Kühlung, die durch die Strömung des Kühlwassers herbeigeführt wird, während des Betriebs ausgeführt werden, weil das Kontaktstück 22 in den Kühlwasserkanal innerhalb der Elektrode 6 eingeführt ist. Infolgedessen ist eine Bestromung mit einem hohen elektrischen Strom sogar dann möglich, wenn das Kontaktstück 22, das als ein elektrischer Leiter agiert, einen kleinen Querschnittsbereich aufweist.

## 2. Zweite Ausführungsform

**[0130]** Ein Plasmabrenner 1b wie in einer zweiten Ausführungsform wird als Nächstes beschrieben. **Fig. 32** ist eine Querschnittsansicht entlang der Mittelachse des Plasmabrenners 1b gemäß der zweiten Ausführungsform. **Fig. 33** ist eine Querschnittsansicht der Ersatzteileinheit 2b gemäß der zweiten Ausführungsform. **Fig. 34** und **Fig. 35** sind perspektivische Ansichten der Ersatzteileinheit 2b. **Fig. 36** und **Fig. 37** sind perspektivische Ansichten der Düse 8 gemäß der zweiten Ausführungsform.

**[0131]** Wie in **Fig. 33** dargestellt, enthält die erste Außenumfangsfläche 85 der Düse 8 einen zurück-

versetzten Abschnitt 851. Der zurückversetzte Abschnitt 851 ist an dem zweiten Düsenabschnitt 82 vorgesehen. Der zurückversetzte Abschnitt 851 ist in der radialen Richtung der Düse 8 in Richtung der Innenseite abgestuft und erstreckt sich in der Umfangsrichtung der Düse 8. Der zurückversetzte Abschnitt 851 ist in der axialen Richtung der Düse 8 an ungefähr derselben Position wie das Spitzenende der Elektrode 6 angeordnet. Der Außendurchmesser des unteren Abschnitts des zurückversetzten Abschnitts 851 ist kleiner als der Innendurchmesser der Innenumfangsfläche 812.

**[0132]** Der zurückversetzte Abschnitt 851 enthält eine erste Wandfläche 852 an der Basisendseite und eine zweite Wandfläche 853 an der Spitzenendseite. Die erste Wandfläche 852 ist bezüglich der radialen Richtung der Düse 8 geneigt. Die zweite Wandfläche 853 erstreckt sich in der radialen Richtung der Düse 8. Wie in **Fig. 32** dargestellt, erstreckt sich die erste Wandfläche 852 parallel zu der geneigten Innenumfangsfläche der ersten Rückhaltekappe 4. Der zurückversetzte Abschnitt 851 ist innerhalb des dritten Kühlwasserkanals W3 angeordnet.

**[0133]** In der vorliegenden Ausführungsform ist in der ersten Rückhaltekappe 4 eine Vielzahl von Öffnungen 43 vorgesehen, die mit dem dritten Kühlwasserkanal W3 kommunizieren. Die Öffnungen 43 der ersten Rückhaltekappe 4 kommunizieren mit einem ringförmigen Kühlwasserkanal W12 zwischen der ersten Rückhaltekappe 4 und der zweiten Rückhaltekappe 5. Der zurückversetzte Abschnitt 851 ist in der axialen Richtung der Düse 8 an ungefähr derselben Position wie die Öffnungen 43 der ersten Rückhaltekappe 4 angeordnet.

**[0134]** Andere Konfigurationen der Ersatzteileinheit 2b und des Plasmabrenners 1b sind dieselben wie jene der Ersatzteileinheit 2a und des Plasmabrenners 1a der ersten Ausführungsform.

**[0135]** Gemäß der vorstehend beschriebenen zweiten Ausführungsform, ist der zurückversetzte Abschnitt 851 in der Düse 8 vorgesehen, wobei ein größerer Flächenbereich der Düse 8 mit dem Kühlwasser in Kontakt kommt. Infolgedessen, kann die Kühlleistung der Düse 8 verbessert werden. Da der zurückversetzte Abschnitt 851 an ungefähr derselben Position wie die Öffnungen 43 der ersten Rückhaltekappe 4 angeordnet ist, kann darüber hinaus die Kühlleistung der Düse 8 weiter verbessert werden. Ferner kann der Kühlwasserkanal W12 der zweiten Rückhaltekappe 5 Kühlwasser zuführen. Infolgedessen ist die Ersatzteileinheit 2b gemäß der vorliegenden Ausführungsform für das Plasmaschneiden unter Verwendung eines hohen elektrischen Stroms geeignet.

### 3. Andere Ausführungsformen

**[0136]** Obwohl bisher Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beschrieben worden sind, ist die vorliegende Erfindung nicht auf die vorstehenden Ausführungsformen beschränkt, und kann auch innerhalb des Umfangs der Erfindung mit verschiedenen Modifikationen ausgeführt werden.

**[0137]** Die Strukturen der Ersatzteileinheiten 2a und 2b können geändert werden. Die Strukturen des Brennerkörpers 3, der ersten Rückhaltekappe 4 und der zweiten Rückhaltekappe 5 können auch geändert werden. Die Struktur des Rohrkörpers 21 oder des Kontaktstücks 22 können geändert werden.

**[0138]** Die Elektrode 6, die isolierende Führung 7 und die Düse 8 können miteinander auf eine trennbare Weise gekoppelt sein.

**[0139]** Die Elektrode 6 und die isolierende Führung 7 können durch Kleben anstatt durch Pressfitting gekoppelt sein. Die isolierende Führung 7 und die Düse 8 können durch Kleben anstatt durch Pressfitting gekoppelt sein. Die Düse 8 und der isolierende Ring 9 können durch Kleben anstatt durch Pressfitting gekoppelt sein. Der isolierende Ring 9 und die Abschirmkappe 10 können durch Kleben anstatt durch Pressfitting gekoppelt sein.

**[0140]** Der isolierende Ring 9 und die Abschirmkappe 10 können in den Ersatzteileinheiten 2a und 2b nicht enthalten sein. Das heißt, die Ersatzteileinheit kann durch die Elektrode 6, die isolierende Führung 7 und die Düse 8 gebildet sein. Ferner können der isolierende Ring 9 und die Abschirmkappe 10 mit der Ersatzteileinheit auf eine leicht trennbare Weise verbunden sein.

**[0141]** Der Innendurchmesser des Gaskanals innerhalb der isolierenden Führung 7 kann größer als der Innendurchmesser der Düse 8 sein. Das heißt, der Innendurchmesser des fünften Hauptgaskanals MG5 innerhalb der isolierenden Führung 7 kann größer als der Innendurchmesser des sechsten Hauptgaskanals MG6 innerhalb der Düse 8 sein, wie in **Fig. 38** dargestellt.

### Industrielle Anwendbarkeit

**[0142]** Gemäß der vorliegenden Erfindung können ein Mittelrohr für einen Plasmabrenner, ein Kontaktstück, eine Elektrode und ein Plasmabrenner vorgesehen sein, für die die Elektrode ohne ein spezialisiertes Werkzeug leicht befestigt und entfernt werden kann, für die die Struktur der Elektrode oder des Elektrodensitzes vereinfacht ist, und für die darüber hinaus der Austausch des Brennerkörpers sogar dann nicht notwendig ist, wenn ein Bestromungsfehler auftritt.

## Bezugszeichenliste

|      |                            |
|------|----------------------------|
| 20:  | Mittelrohr                 |
| 6:   | Elektrode                  |
| 21:  | Rohrkörper                 |
| 22:  | Kontaktstück               |
| 261: | Zurückversetzter Abschnitt |
| 281: | Erster Ringabschnitt       |
| 282: | Zweiter Ringabschnitt      |
| 291: | Gekrümmter Abschnitt       |
| 292: | Schlitz                    |
| 28:  | Befestigungsabschnitt      |
| 29:  | Kontaktabschnitt           |
| 65:  | Innenkanal                 |
| 603: | Erste Bestromungsfläche    |
| 601: | Zweite Bestromungsfläche   |
| 652: | Verjüngter Abschnitt       |
| 61:  | Elektrodenkörperabschnitt  |
| 63:  | Flanschabschnitt           |

## Patentansprüche

1. Mittelrohr (20) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) für Plasmaschneiden, der einen Basisabschnitt (33) und eine Elektrode (6) aufweist, wobei das Mittelrohr (20) für die Zuführung von Kühlwasser zu der Elektrode (6) in die Elektrode (6) eingeführt ist, wobei das Mittelrohr (20) Folgendes umfasst: einen Rohrkörper (21), der mit einer elektrischen Stromquelle außerhalb des Plasmabrenners (1a, 1b) über den Basisabschnitt (33) elektrisch verbunden ist, wobei der Rohrkörper (21) einen sich darin befindenden Kühlwasserkanal (211, 212, 231) aufweist und wobei der Rohrkörper (21) mit einem elektrisch leitenden Körper gebildet ist; und ein Kontaktstück (22), das an einer Außenumfangsfläche (26) des Rohrkörpers (21) vorgesehen ist, wobei das Kontaktstück (22) durch einen Kontakt mit einer Innenumfangsfläche der Elektrode (6) die Elektrode (6) bestromt, wobei das Kontaktstück (22) elastisch ist, um, wenn es in eine radiale Richtung des Rohrkörpers (21) gepresst wird, eine Gegenkraft zu erzeugen, wobei das Kontaktstück (22) aus einem elektrisch leitenden Körper gebildet ist.

2. Mittelrohr (20) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) gemäß Anspruch 1, wobei das Kontaktstück (22) von dem Rohrkörper (21) getrennt ist und an der Außenumfangsfläche (26) des Rohrkörpers (21) befestigt ist.

3. Mittelrohr (20) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) gemäß Anspruch 2, wobei die Außenumfangsfläche (26) des Rohrkörpers (21) einen zurückversetzten Abschnitt (261) aufweist, an dem das Kontaktstück (22) befestigt ist.

4. Mittelrohr (20) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Kontaktstück (22) Folgendes aufweist: einen ersten Ringabschnitt (281), und einen zweiten Ringabschnitt (282), der in einer axialen Richtung des Kontaktstücks (22) von dem ersten Ringabschnitt (281) beabstandet angeordnet ist; und eine Vielzahl von gekrümmten Abschnitten (291), die mit dem ersten Ringabschnitt (281) und dem zweiten Ringabschnitt (282) gekoppelt ist und sich in einer radialen Richtung des Kontaktstücks (22) nach außen beult.

5. Mittelrohr (20) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) gemäß Anspruch 4, wobei das Kontaktstück (22) eine Vielzahl von Schlitzen (292) aufweist, die zwischen der Vielzahl von gekrümmten Abschnitten (291) vorgesehen sind, und die sich in der axialen Richtung des Kontaktstücks (22) erstrecken.

6. Kontaktstück (22) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) für Plasmaschneiden, der eine Elektrode (6) und einen Rohrkörper (21) aufweist, welcher in die Elektrode (6) eingeführt ist, wobei der Rohrkörper (21) einen sich darin befindenden Kühlwasserkanal (211, 212, 231) für die Zuführung von Kühlwasser zu der Elektrode (6) aufweist, wobei das Kontaktstück (22) Folgendes umfasst: einen Befestigungsabschnitt (28), der mit einer Außenumfangsfläche (26) des Rohrkörpers (21) verbunden ist; und einen Kontaktabschnitt (29), der mit einer Innenumfangsfläche der Elektrode (6) in Kontakt kommt; wobei der Befestigungsabschnitt (28) Folgendes aufweist: einen ersten Ringabschnitt (281), und einen zweiten Ringabschnitt (282), der in einer axialen Richtung des Kontaktstücks (22) von dem ersten Ringabschnitt (281) beabstandet ist; und wobei das Kontaktstück (22) Folgendes aufweist: eine Vielzahl von gekrümmten Abschnitten (291), die mit dem ersten Ringabschnitt (281) und dem zweiten Ringabschnitt (282) gekoppelt sind und die sich in der radialen Richtung des Kontaktstücks (22) nach außen wölben.

7. Kontaktstück für einen Plasmabrenner gemäß Anspruch 6, wobei der Kontaktabschnitt (29) elastisch ist, um, wenn er in eine radiale Richtung des Kontaktstücks (22) gepresst wird, eine Gegenkraft zu erzeugen.

8. Kontaktstück (22) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) gemäß Anspruch 7, wobei das Kontaktstück (22) eine Vielzahl von Schlitz (292) aufweist, die zwischen der Vielzahl von gekrümmten Abschnitten (291) vorgesehen sind und die sich in der axialen Richtung des Kontaktstücks (22) erstrecken.

9. Elektrode (6) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) für Plasmaschneiden, der ein Mittelrohr (20) aufweist, welches einen sich darin befinden Kühlwasserkanal (211, 212, 231) aufweist, wobei die Elektrode (6) einen Innenkanal (65) umfasst, in den das Mittelrohr (20) eingeführt ist, und wobei zumindest ein Abschnitt einer Innenumfangsfläche des Innenkanals (65) eine erste Bestromungsfläche (603) bildet, die mit einem Kontaktstück (22) in Kontakt ist, wobei das Kontaktstück (22) an dem Mittelrohr (20) vorgesehen ist, wobei das Kontaktstück (22) elastisch ist.

10. Elektrode (6) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) gemäß Anspruch 9, wobei eine Basisendfläche (601) der Elektrode (6) eine zweite Bestromungsfläche (601) aufweist.

11. Elektrode (6) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) gemäß Anspruch 9 oder 10, wobei die Basisendfläche (601) der Elektrode (6) einen Einlass des Innenkanals (65) aufweist, und eine Innenumfangsfläche des Innenkanals (65) einen verjüngten Abschnitt (652) aufweist, der in einer radialen Richtung in Richtung des Einlasses des Innenkanals (65) im Ausmaß zunimmt.

12. Elektrode (6) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) gemäß Anspruch 11, wobei die erste Bestromungsfläche (603) an dem verjüngten Abschnitt (652) an einer Spitzenendseite des verjüngten Abschnitts (652) angrenzend angeordnet ist.

13. Elektrode (6) für einen Plasmabrenner (1a, 1b) gemäß einem der Ansprüche 11 oder 12, die ferner Folgendes umfasst:  
einen Elektrodenkörperabschnitt (61), der ein Spitzenende der Elektrode (6) aufweist, und  
einen Flanschabschnitt (63), der ein Basisende der Elektrode (6) aufweist und einen Außendurchmesser aufweist, der größer als jener des Elektrodenkörperabschnitts (61) ist,  
wobei der verjüngte Abschnitt (652) in einer axialen Richtung der Elektrode (6) kürzer als der Flanschabschnitt (63) ist.

14. Plasmabrenner (1a, 1b), der aufweist:  
das Mittelrohr (20) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, und  
die Elektrode (6) gemäß einem der Ansprüche 9 bis 13.

Es folgen 34 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

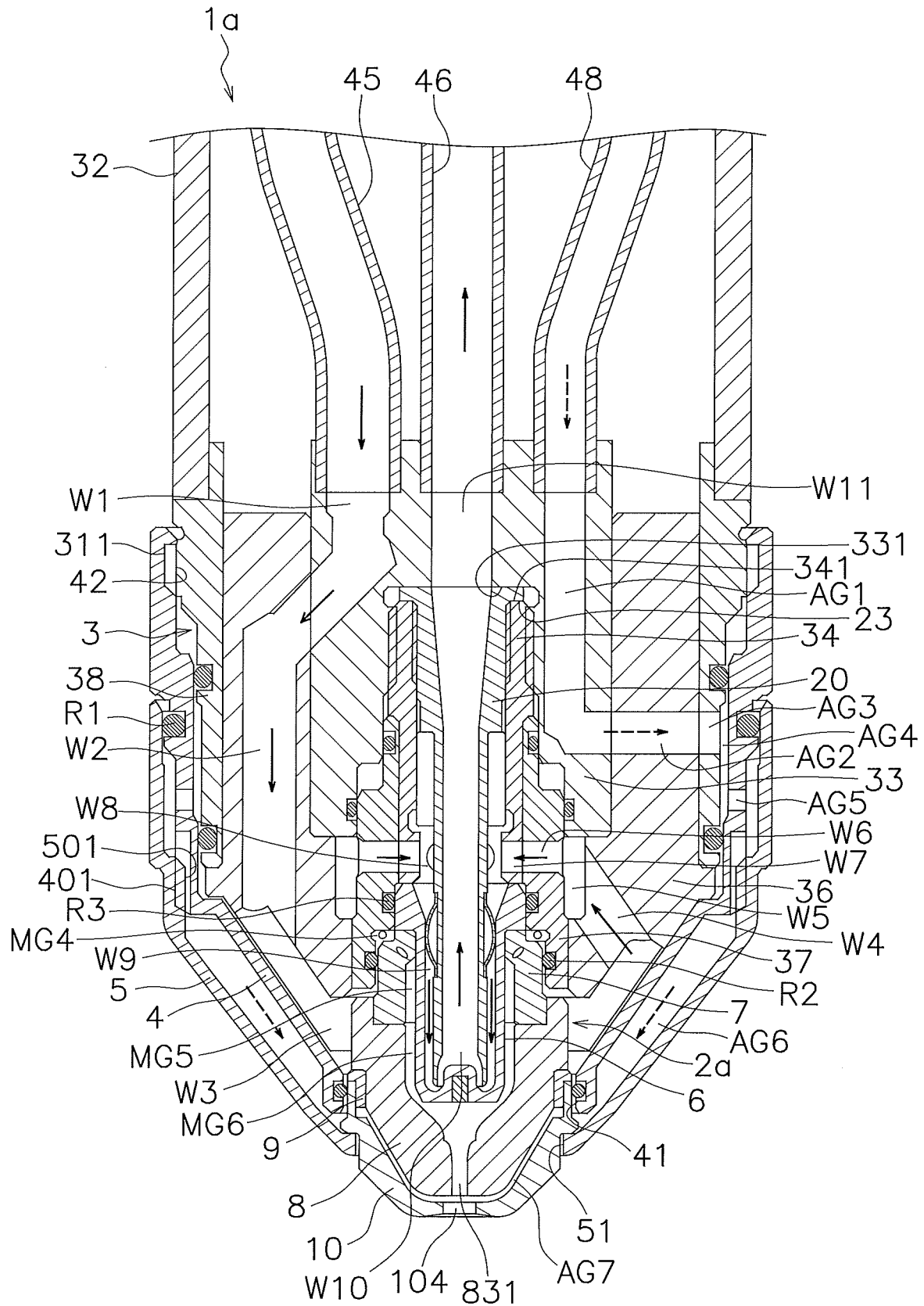


FIG. 1

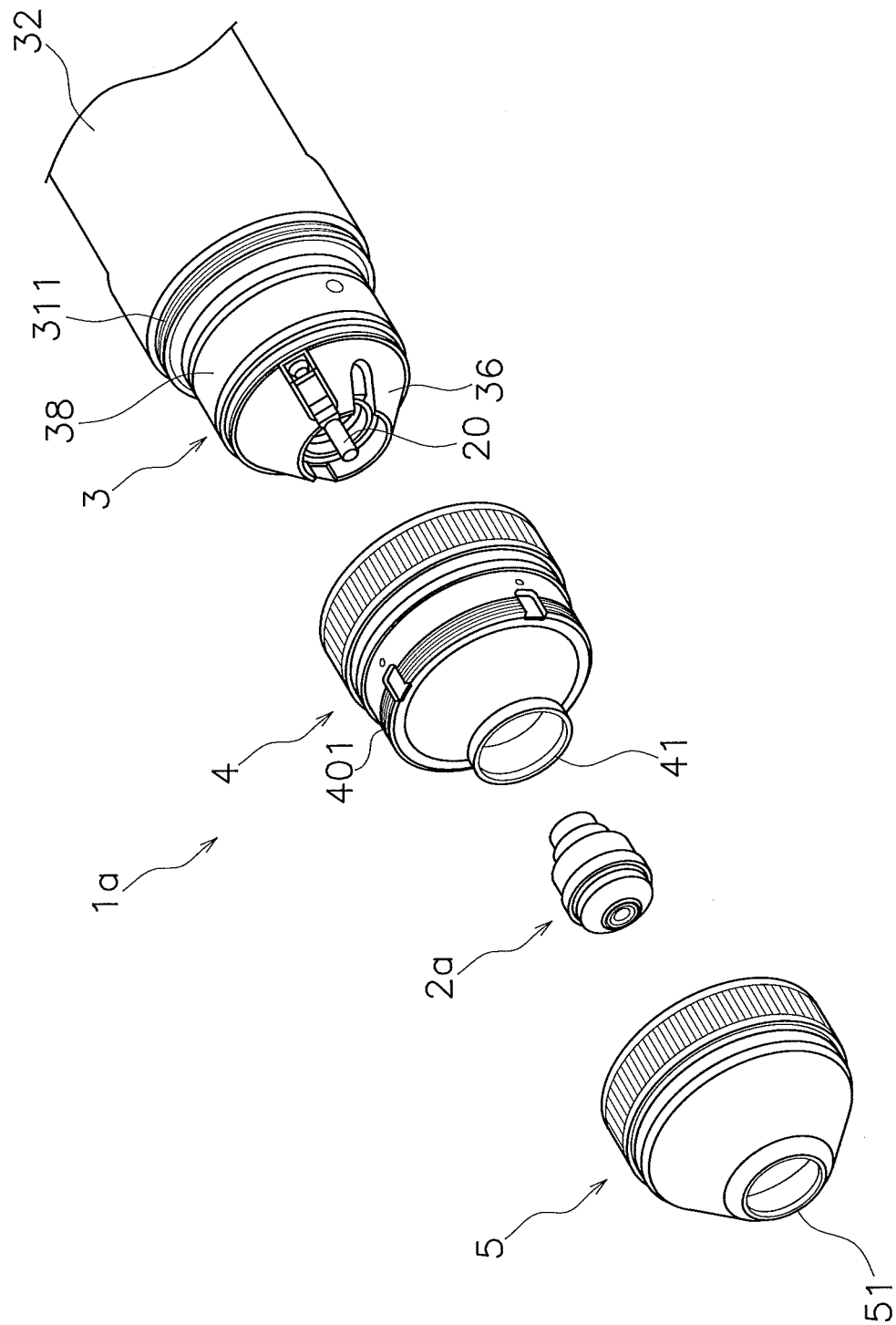


FIG. 2

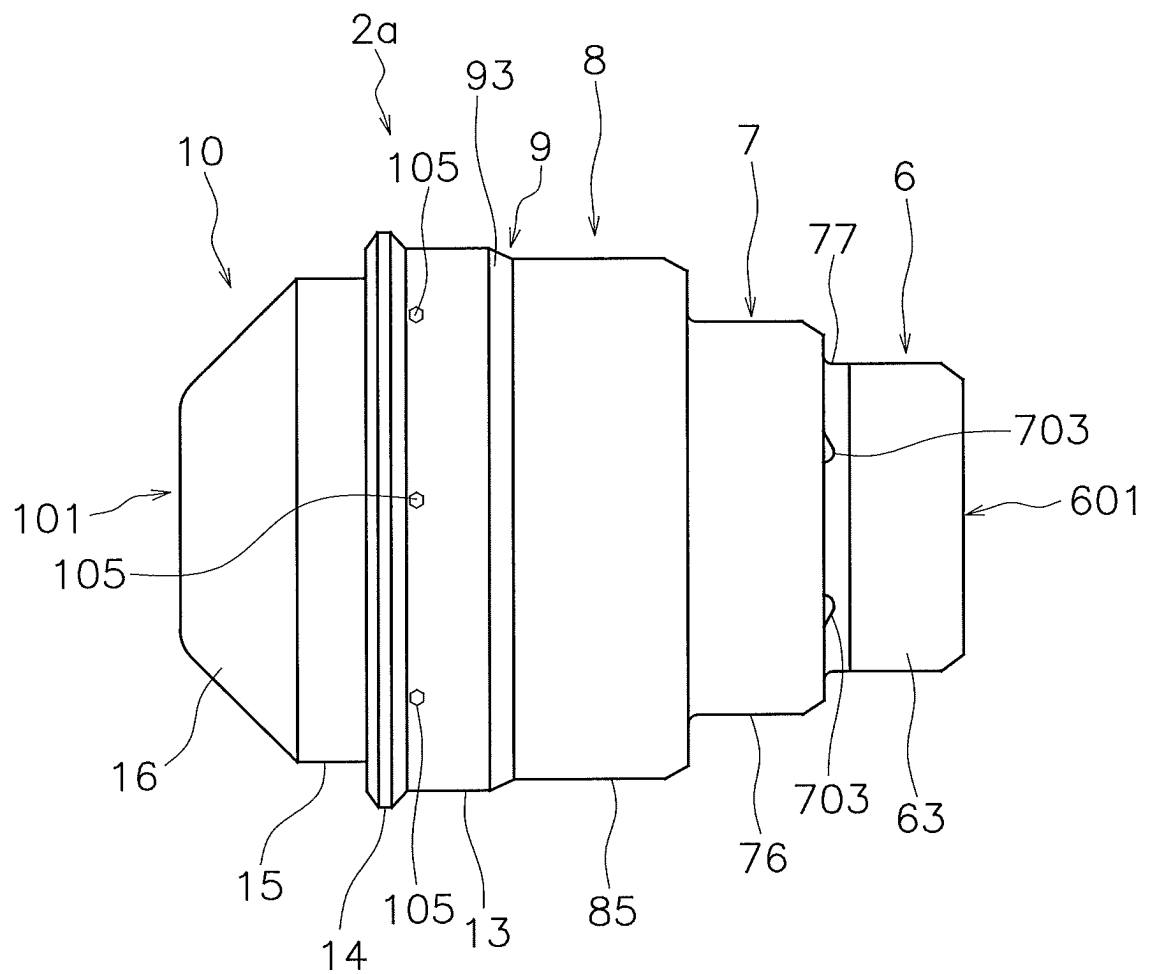


FIG. 3

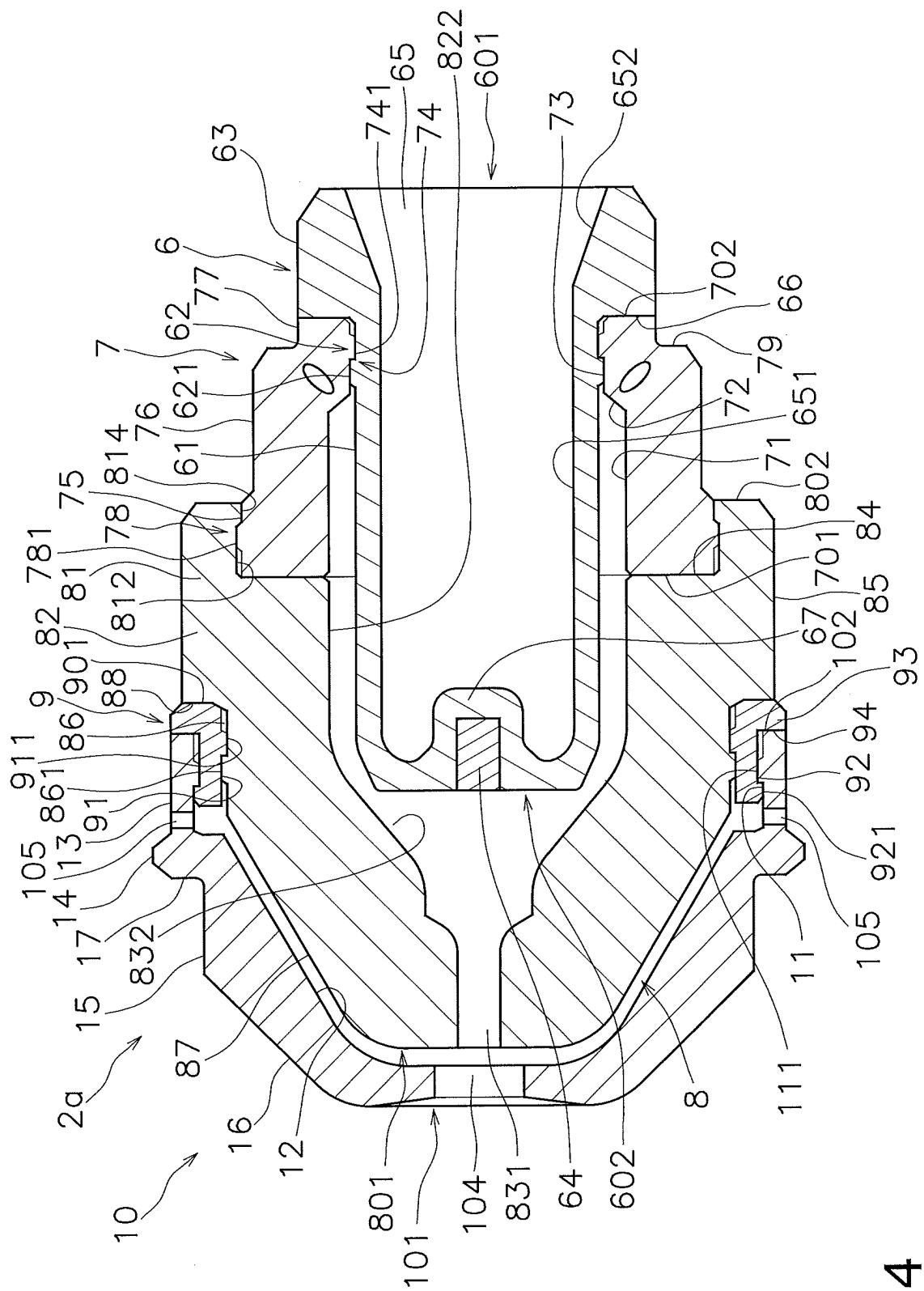


FIG. 4



FIG. 5

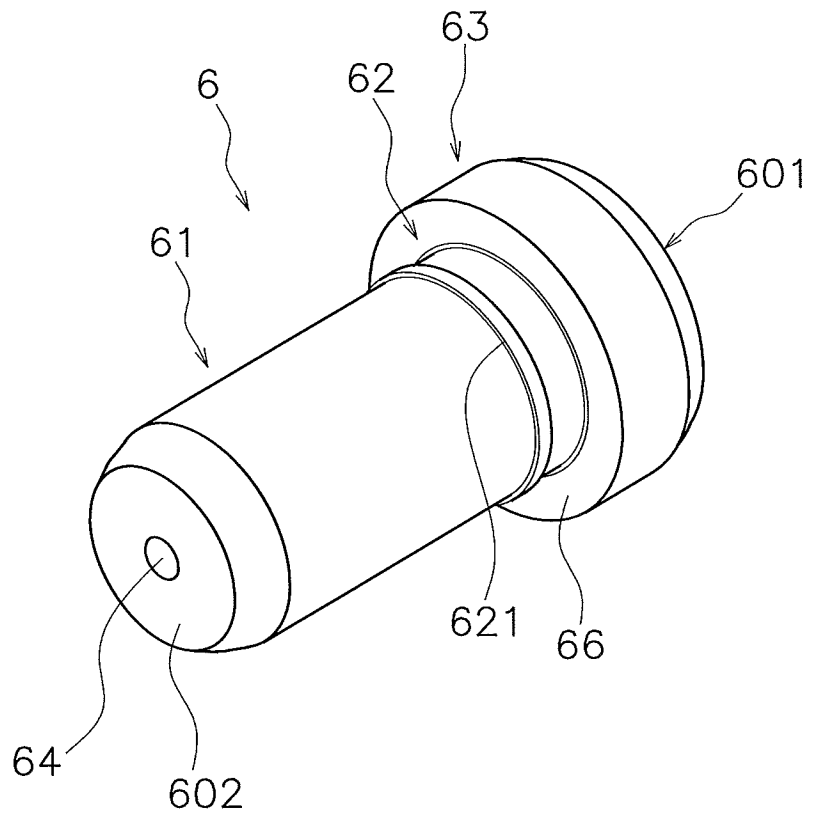
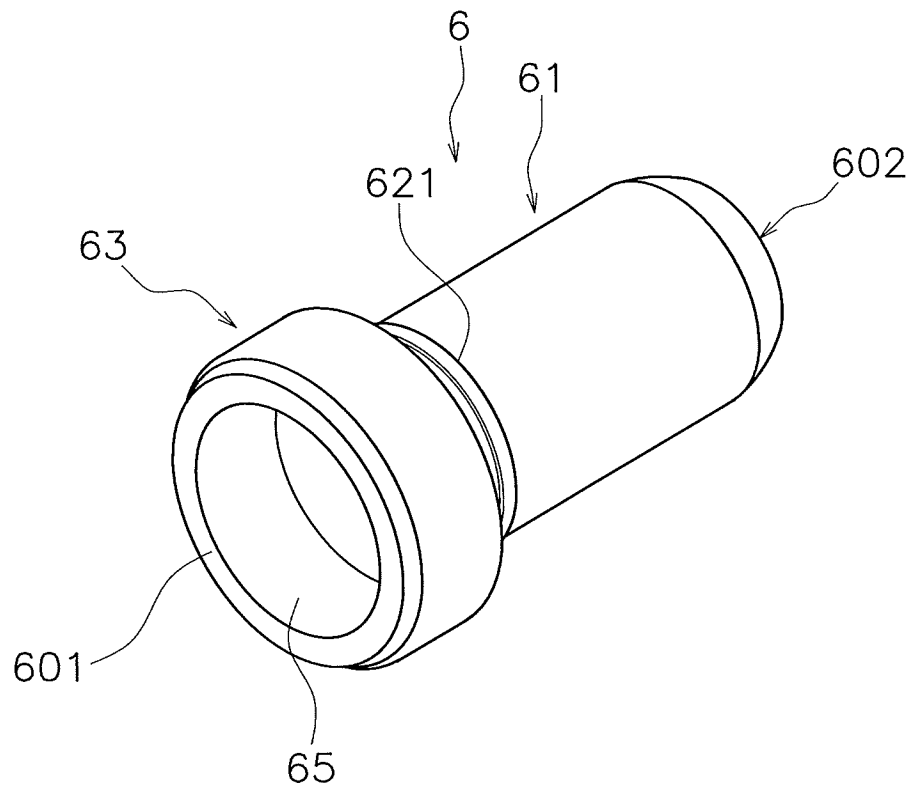


FIG. 6



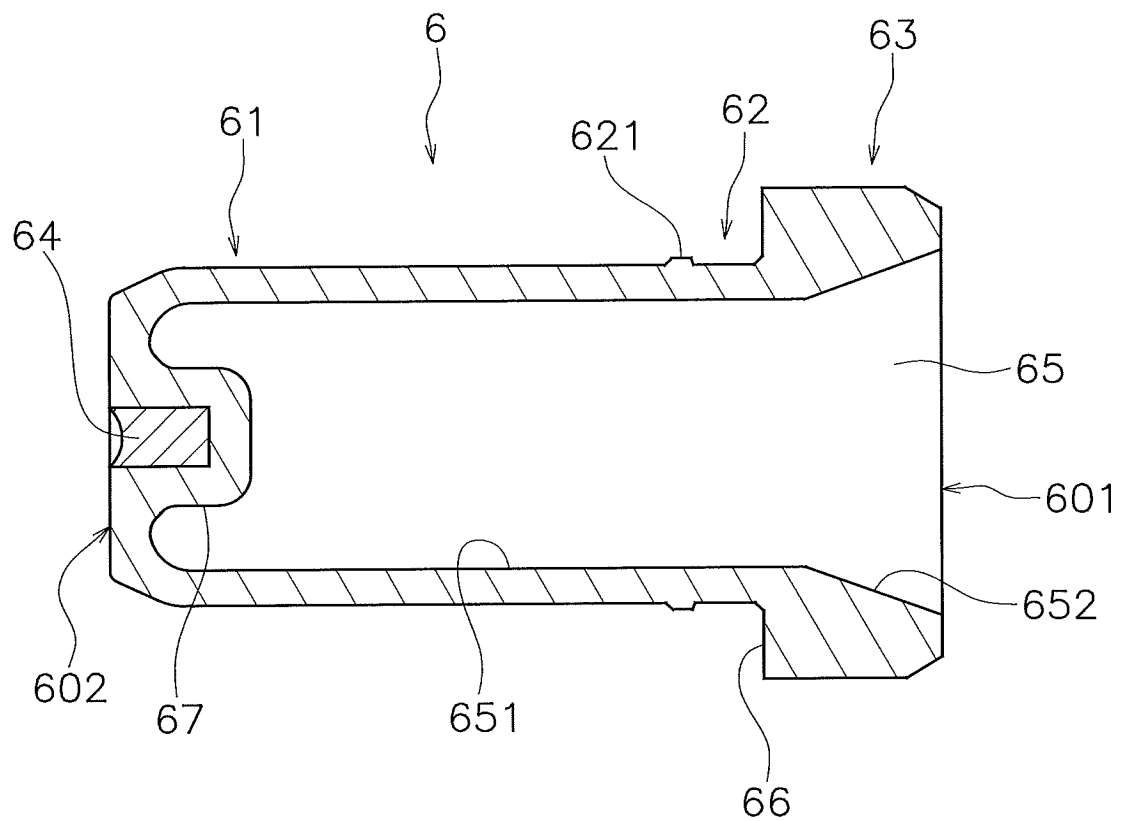


FIG. 7

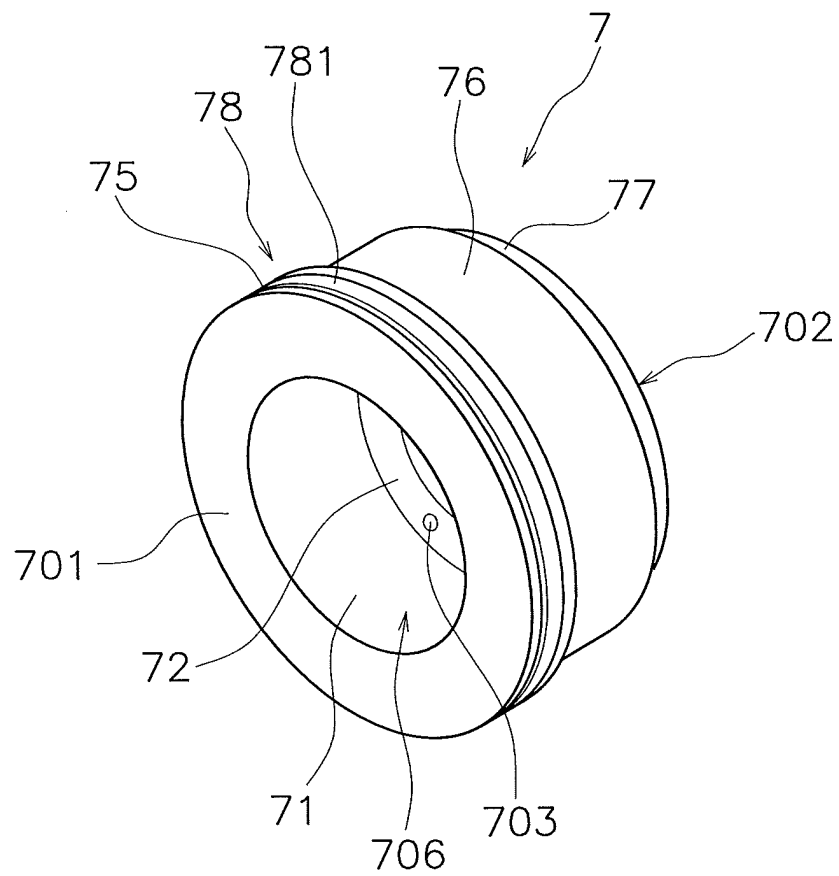


FIG. 8

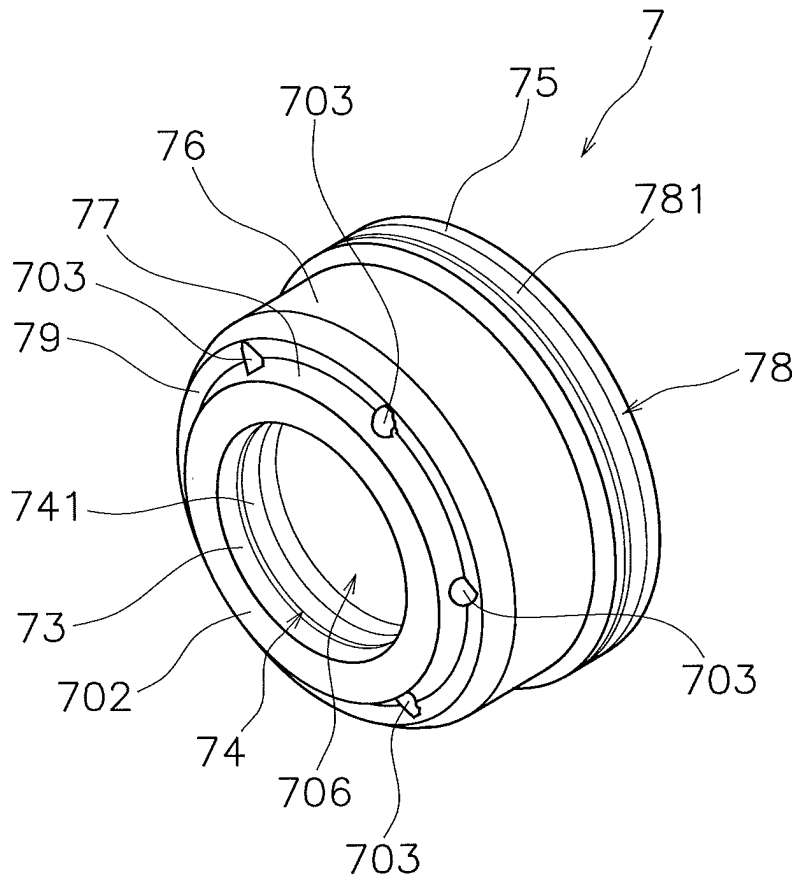


FIG. 9

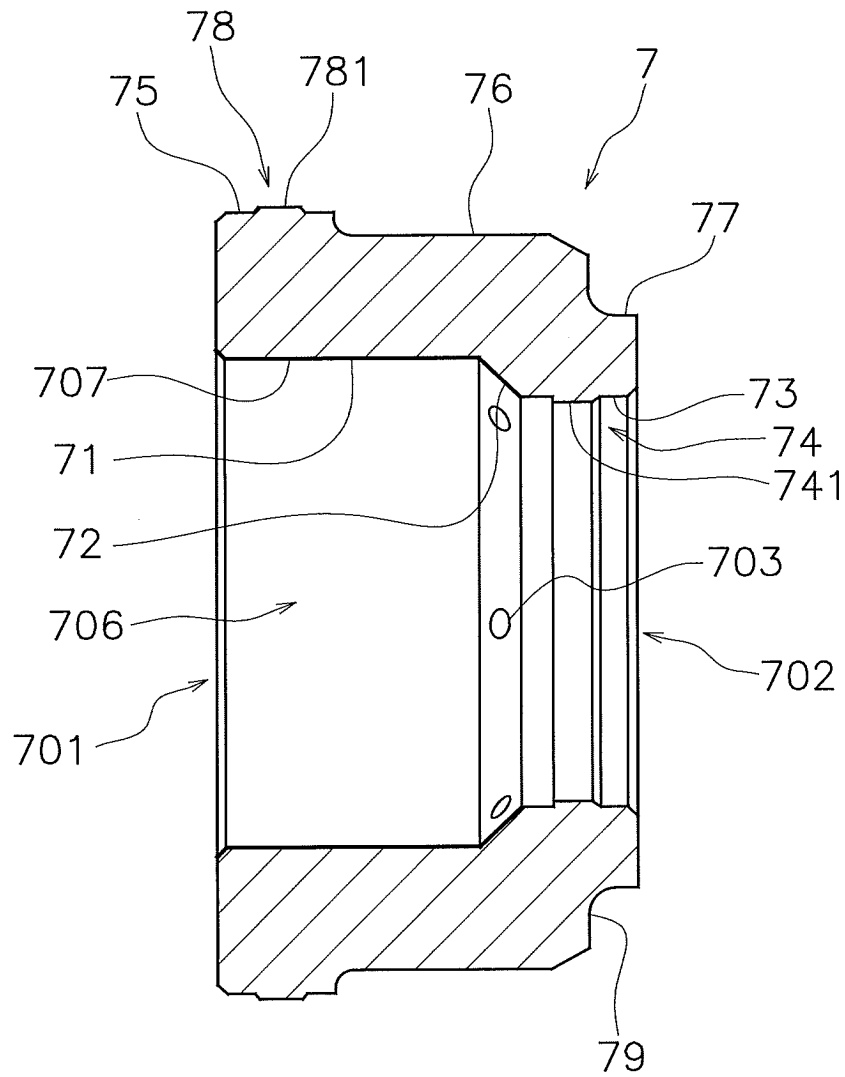


FIG. 10

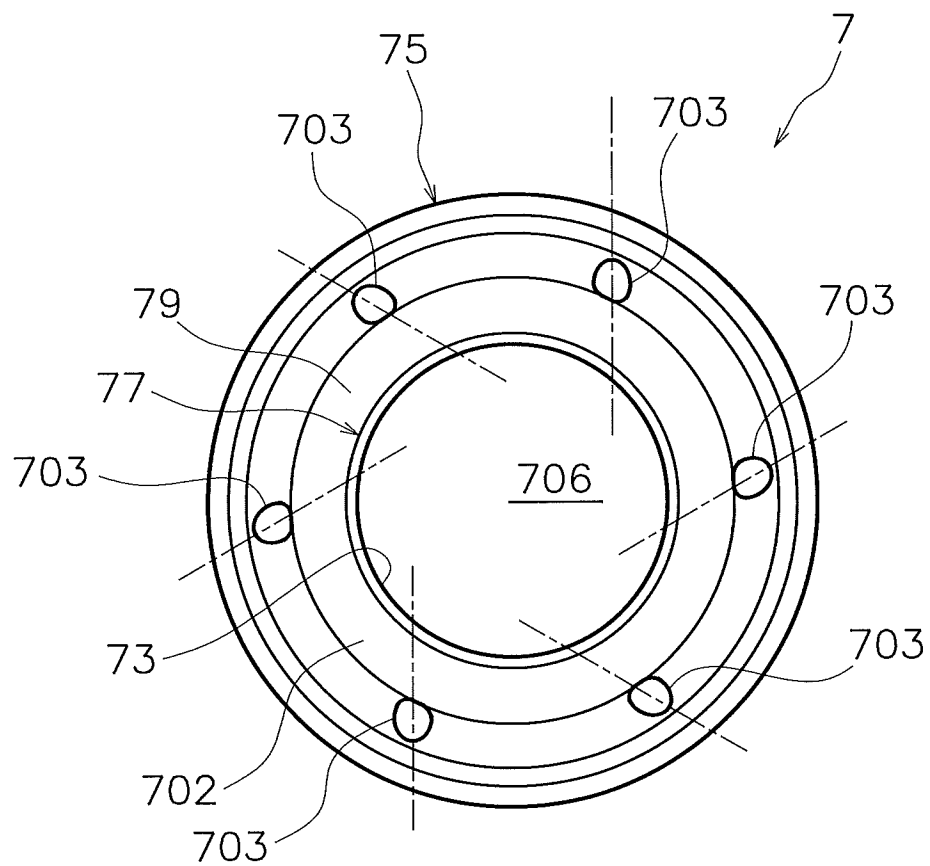


FIG. 11

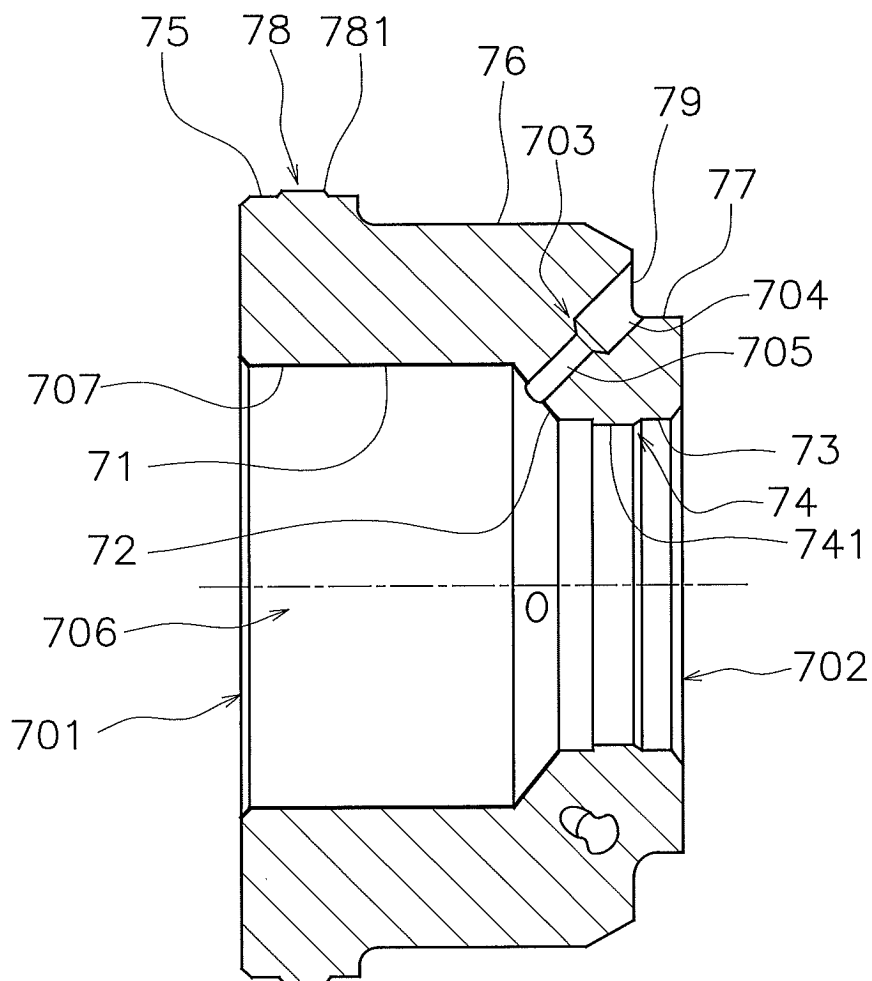


FIG. 12

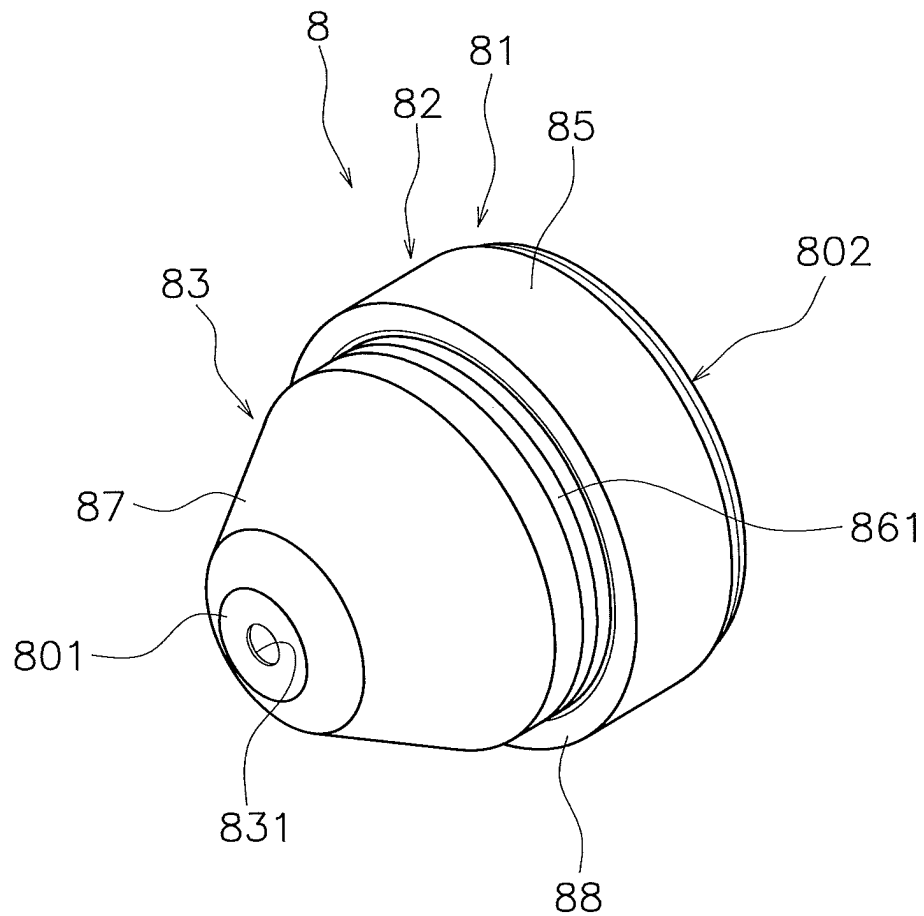


FIG. 13



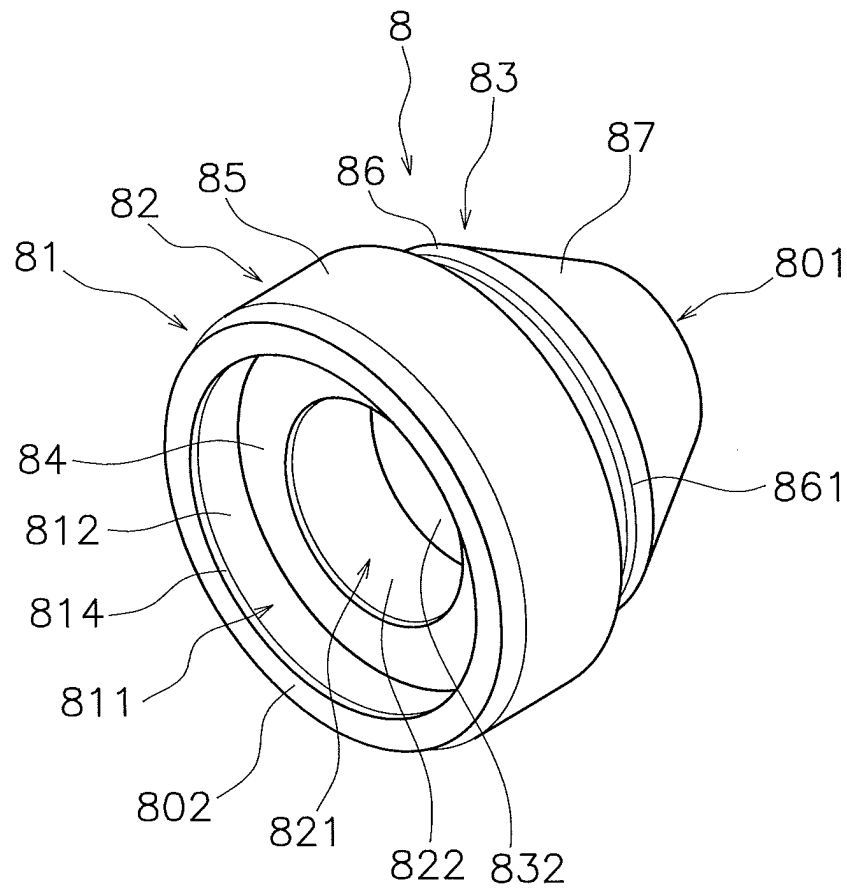


FIG. 14

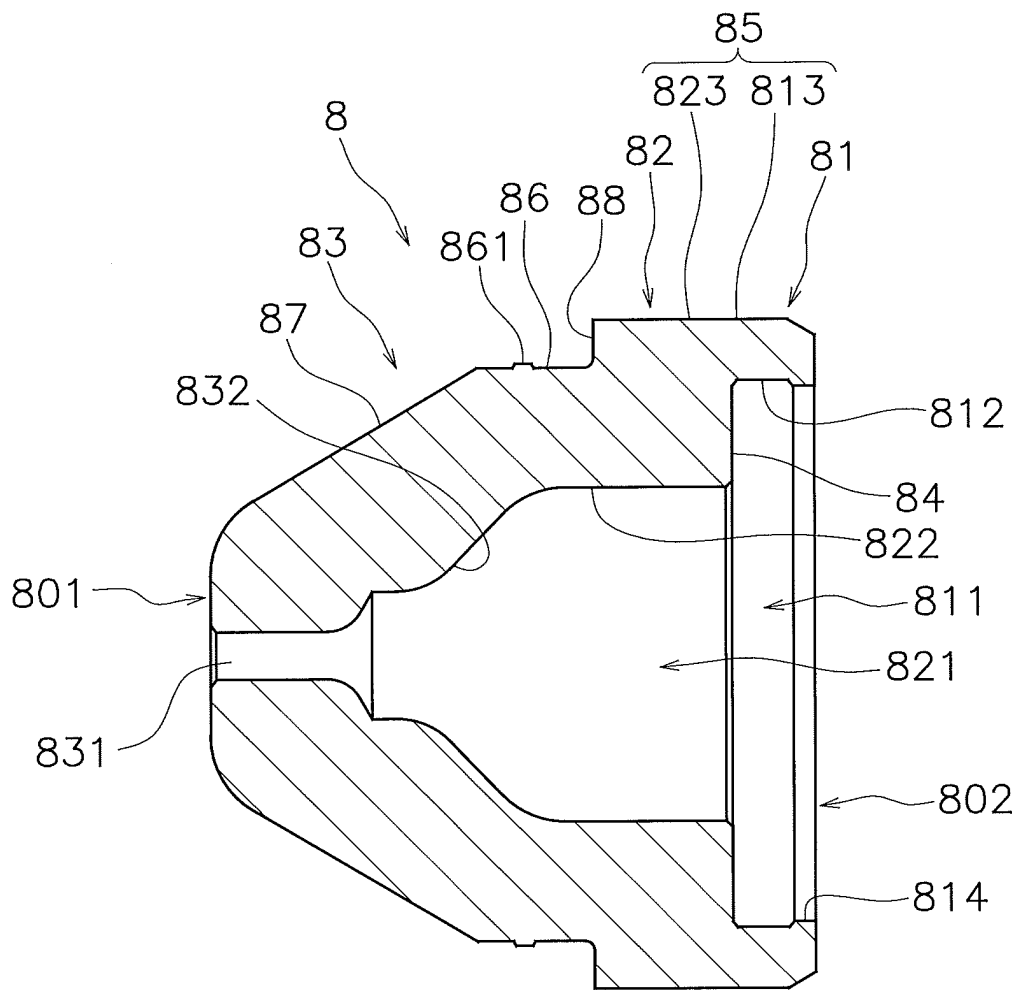


FIG. 15

FIG. 16

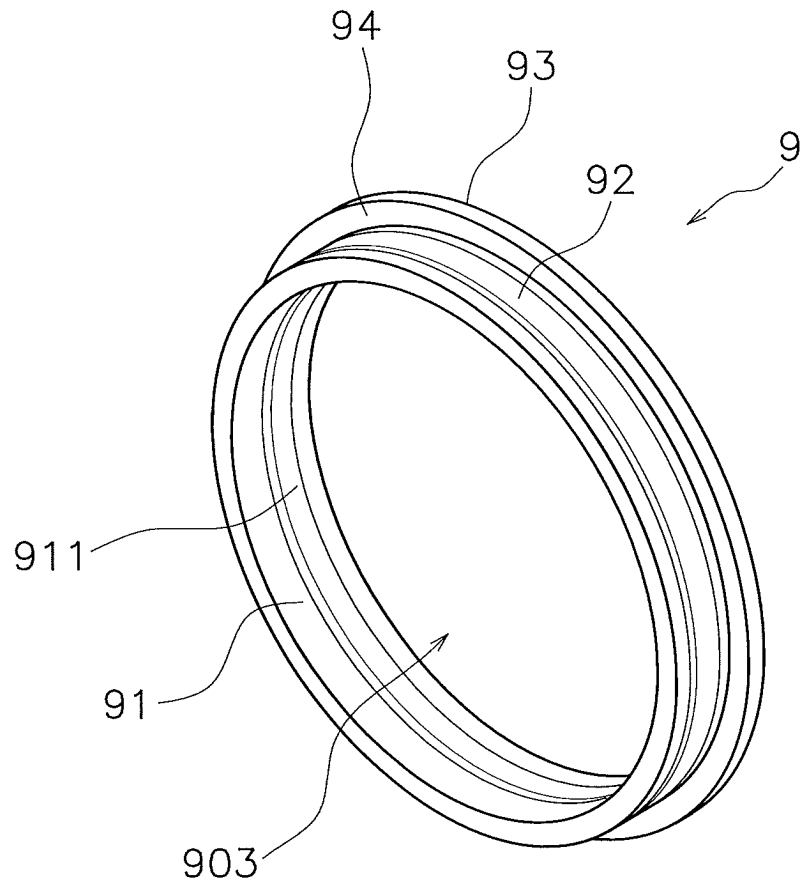
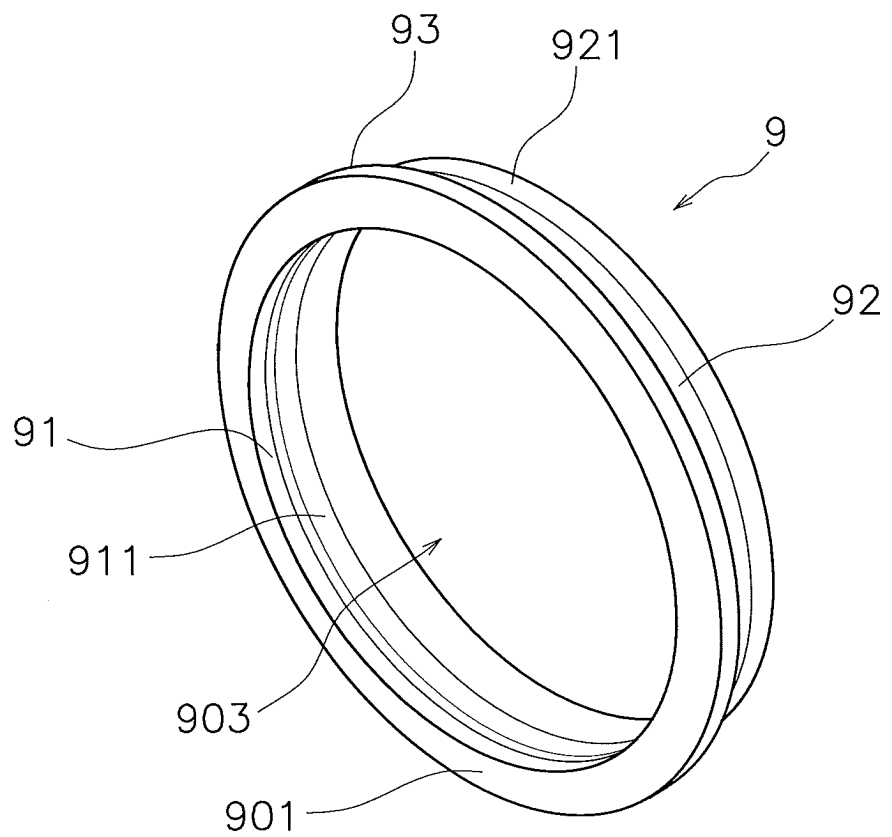


FIG. 17



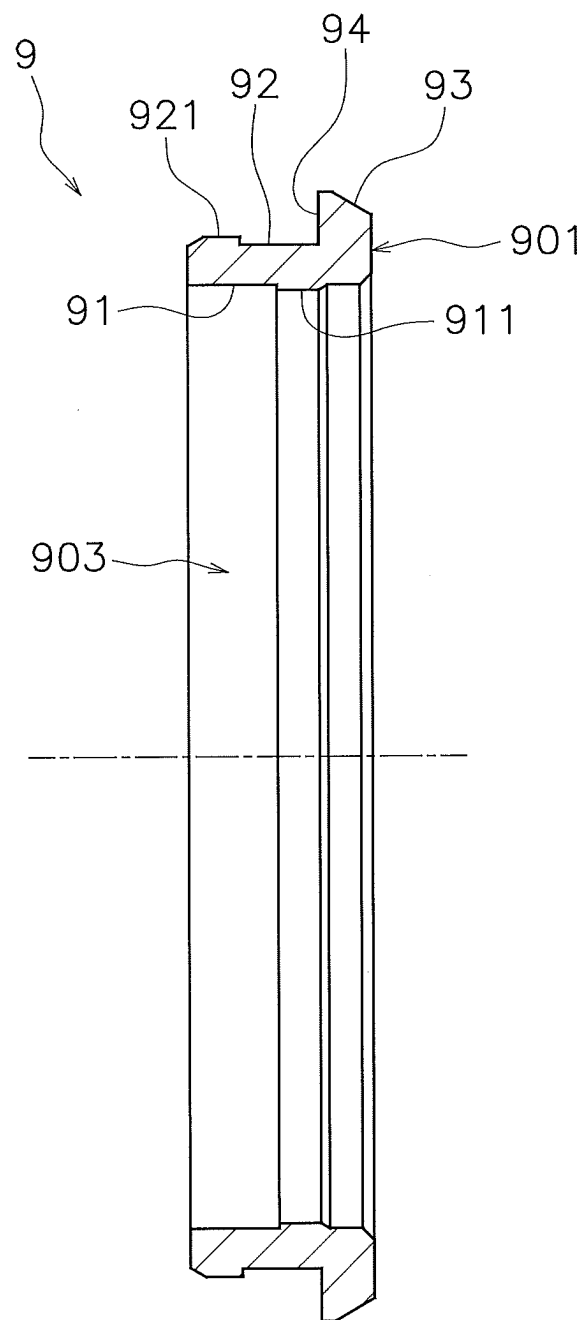


FIG. 18

FIG. 19

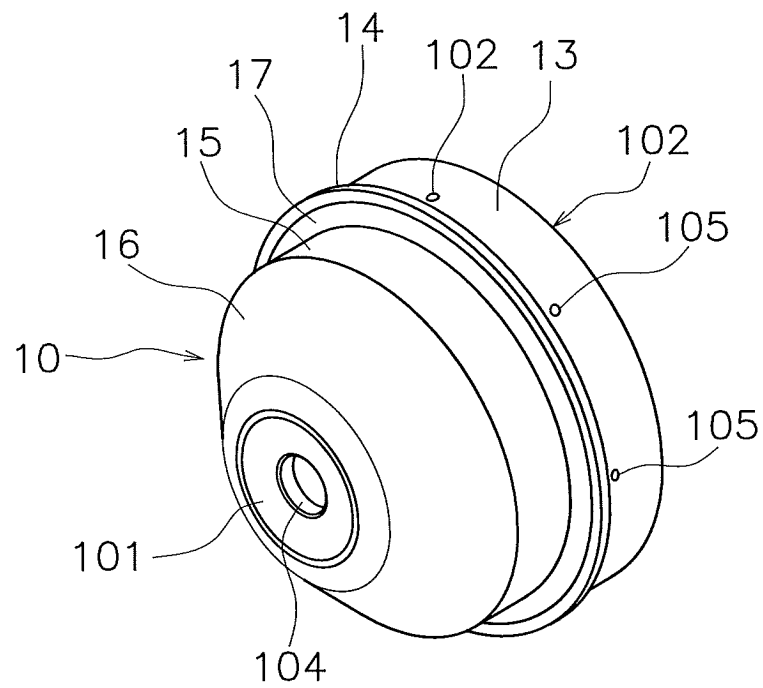
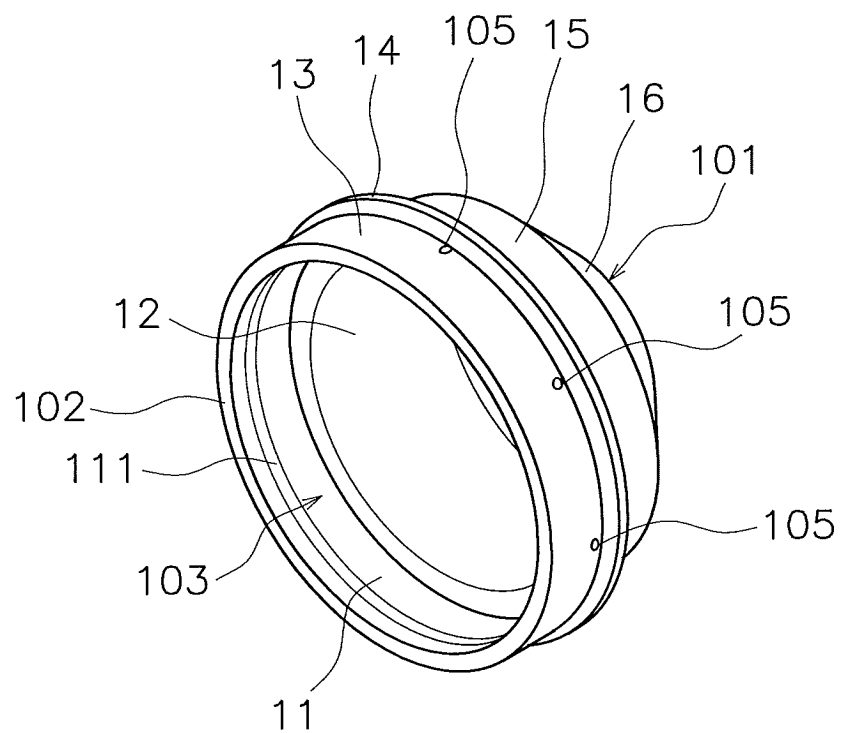


FIG. 20



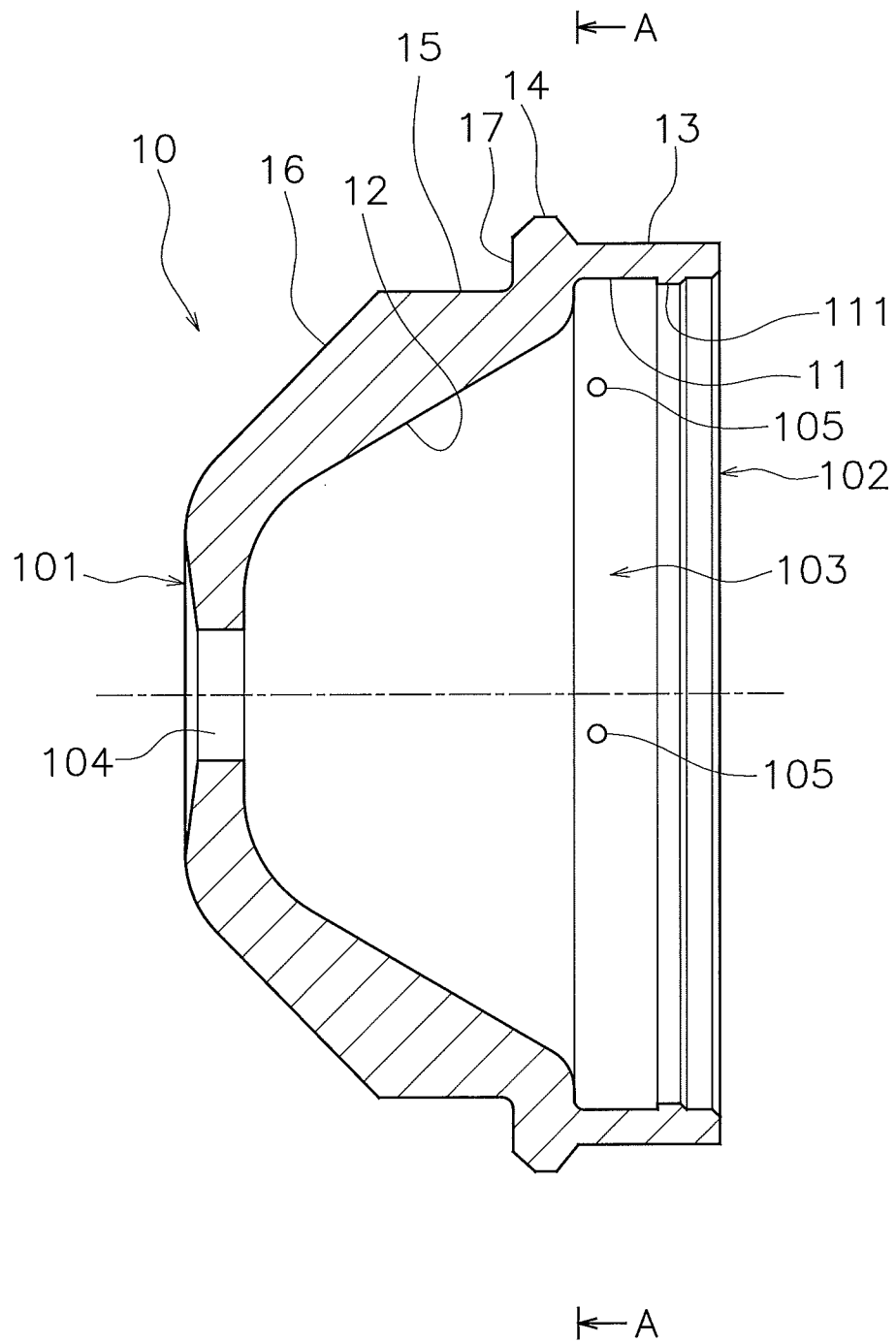


FIG. 21

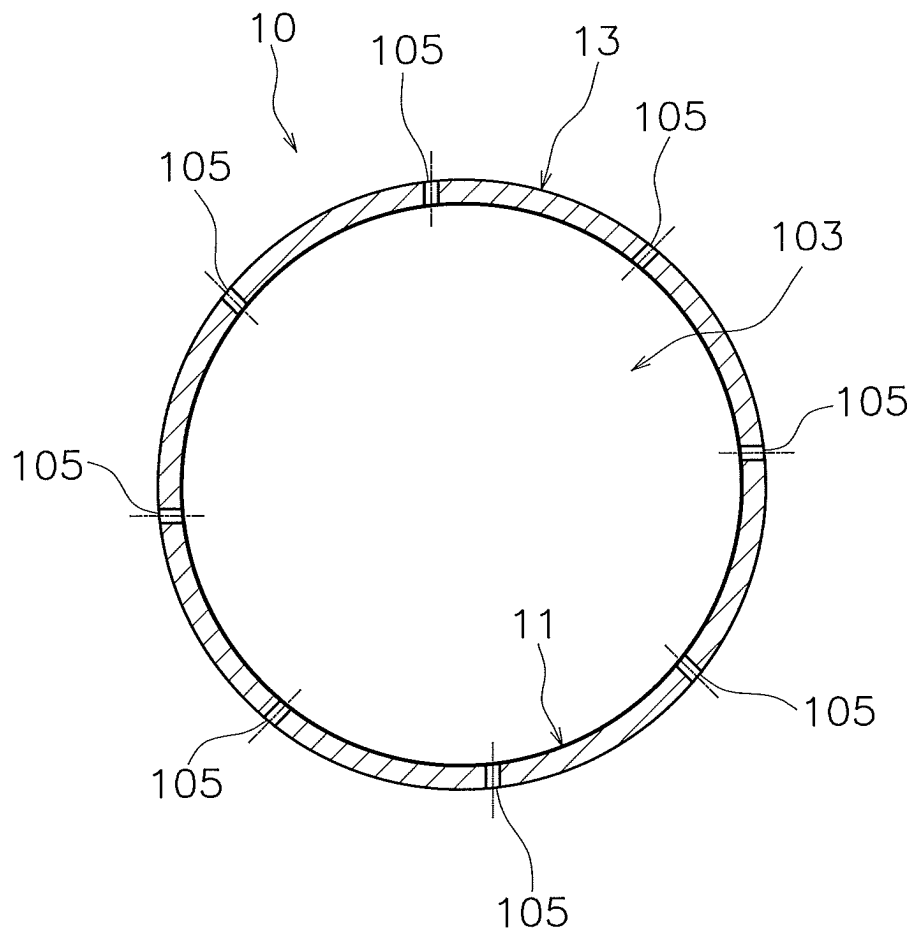


FIG. 22

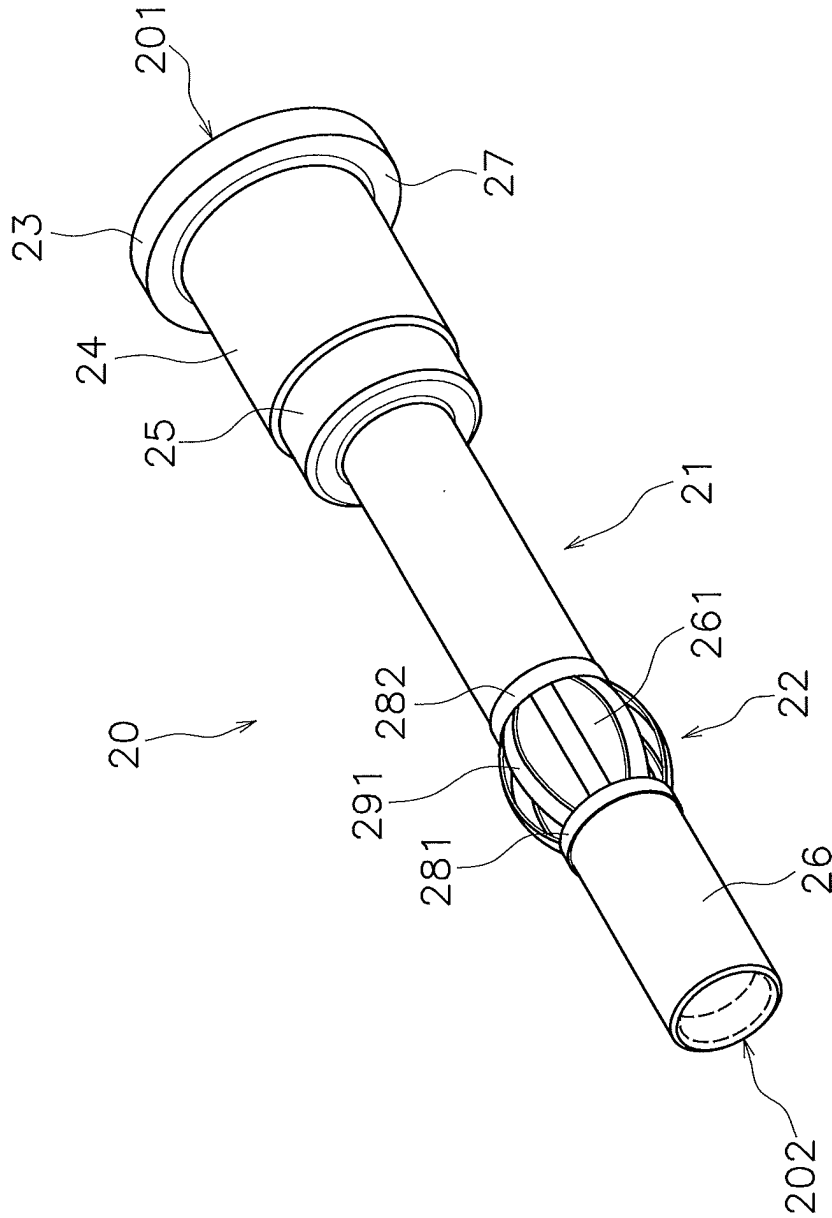


FIG. 23



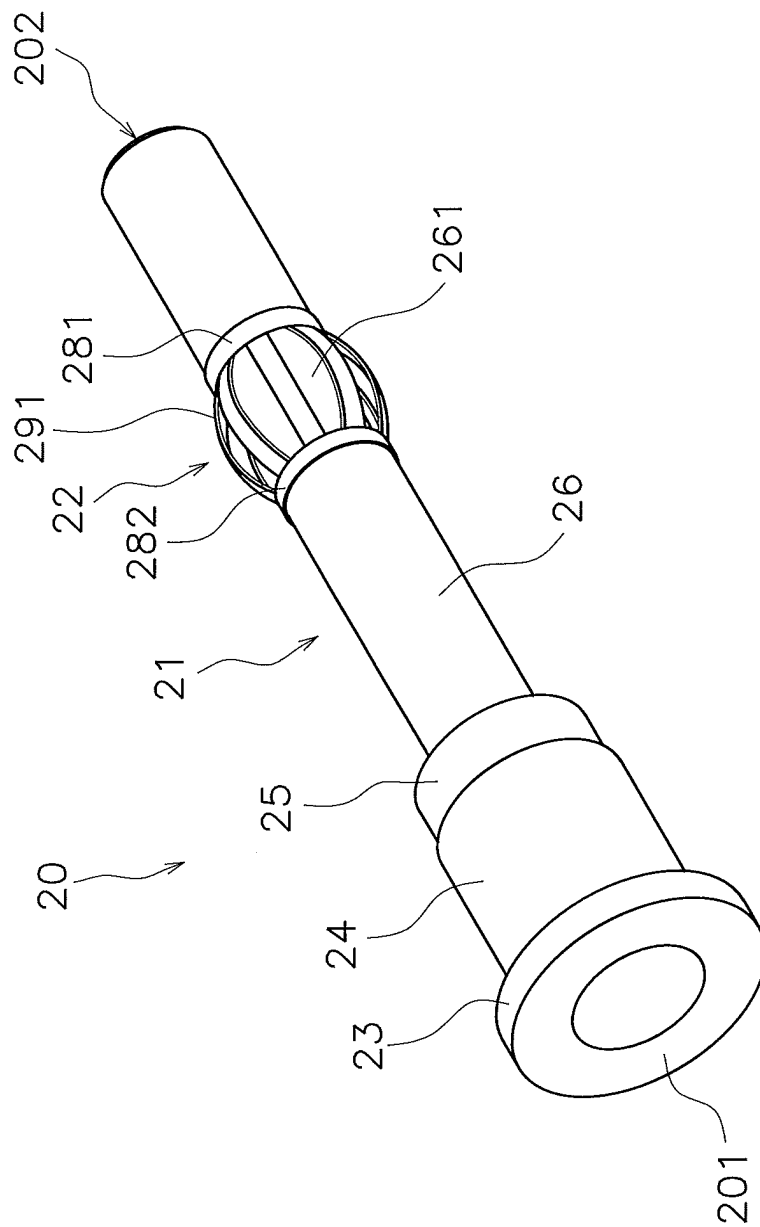


FIG. 24

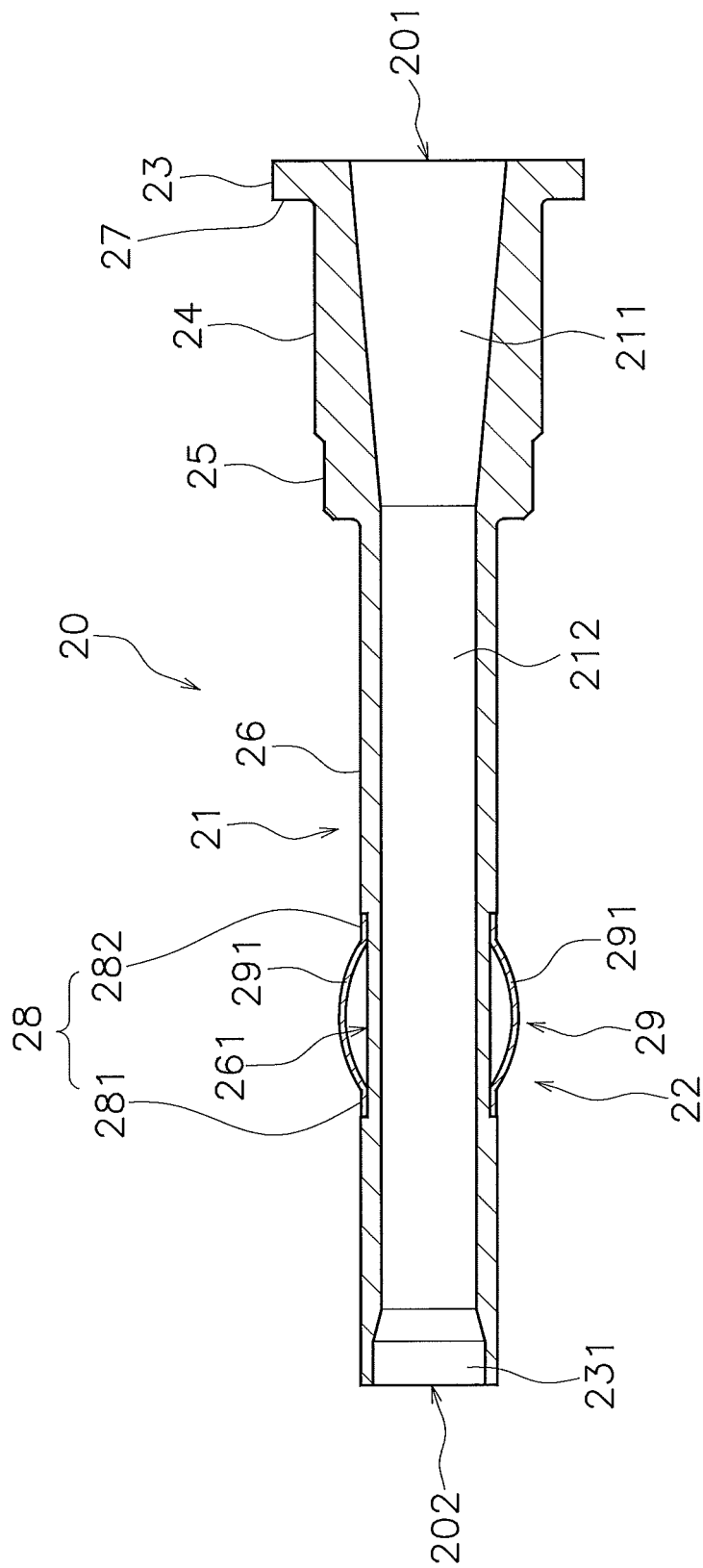


FIG. 25

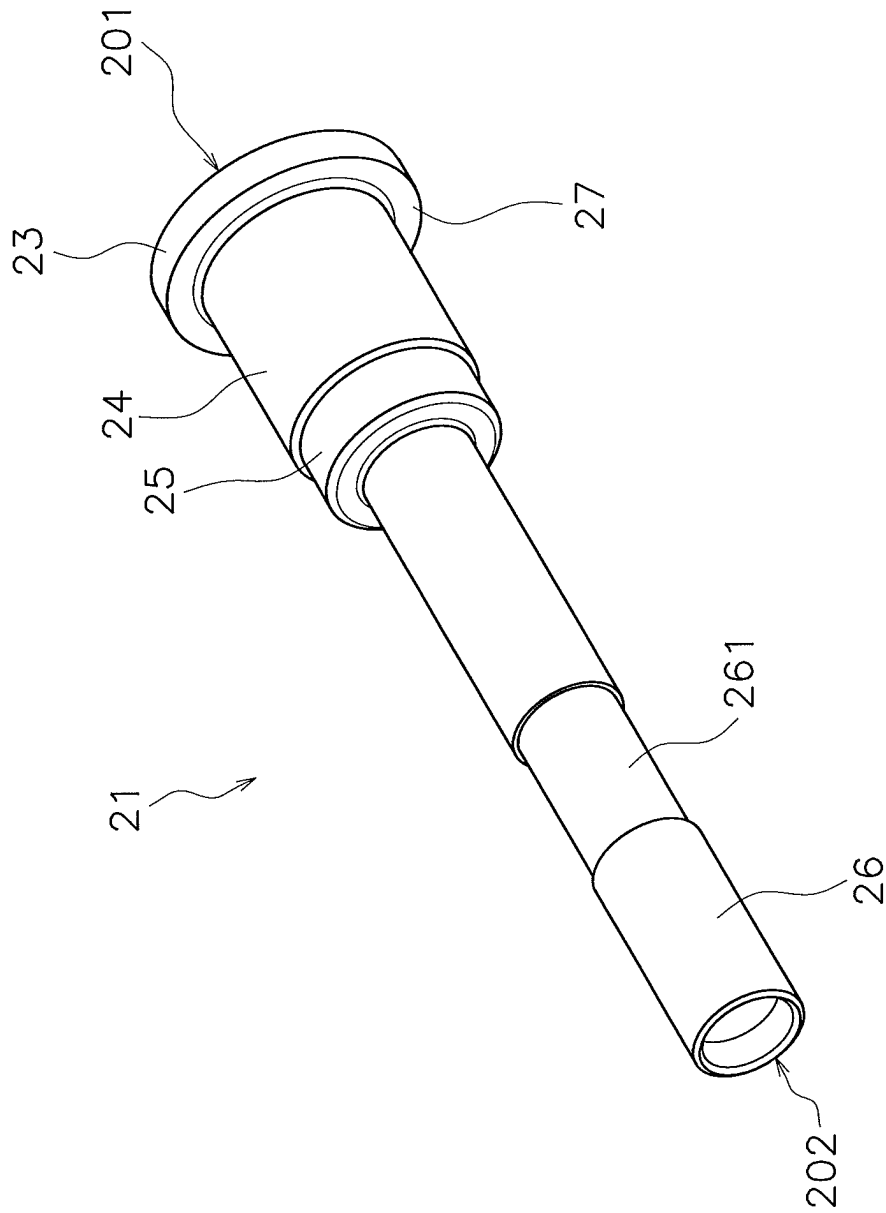


FIG. 26

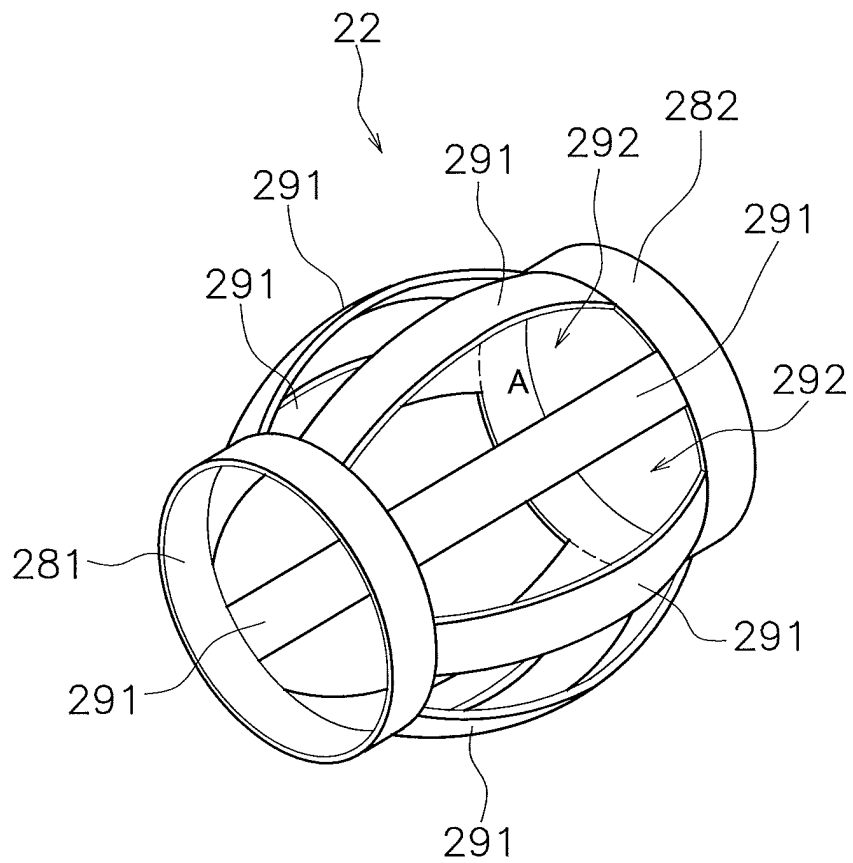


FIG. 27

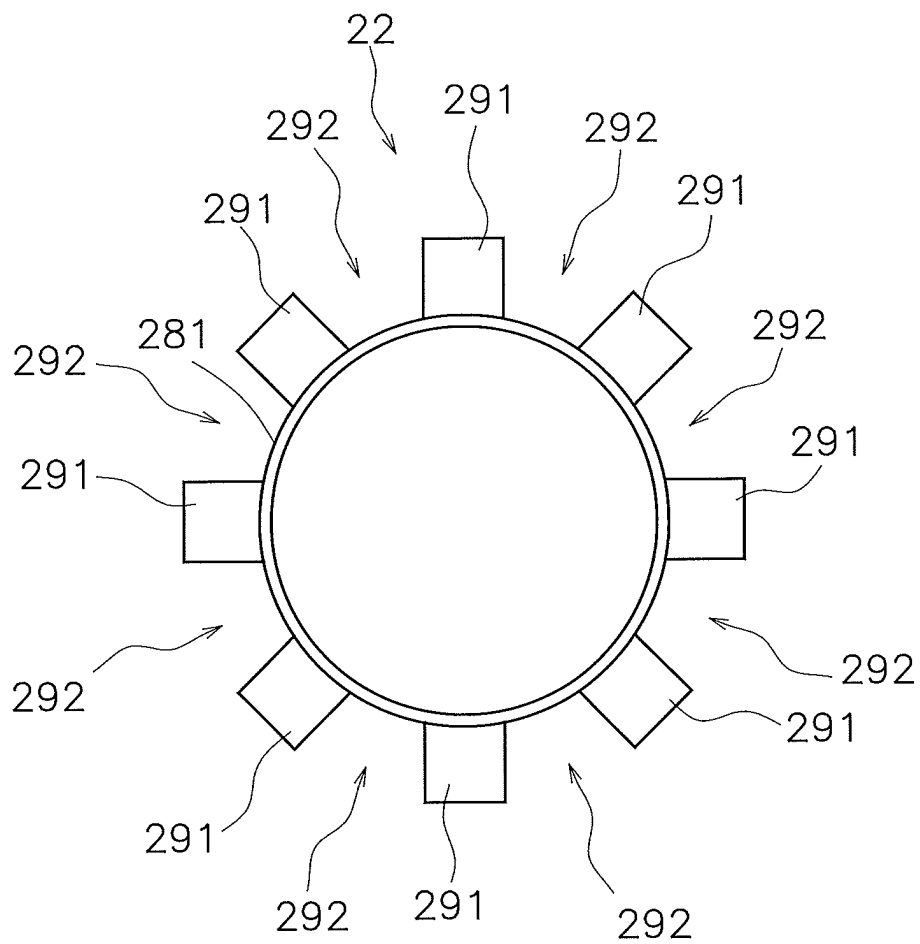


FIG. 28

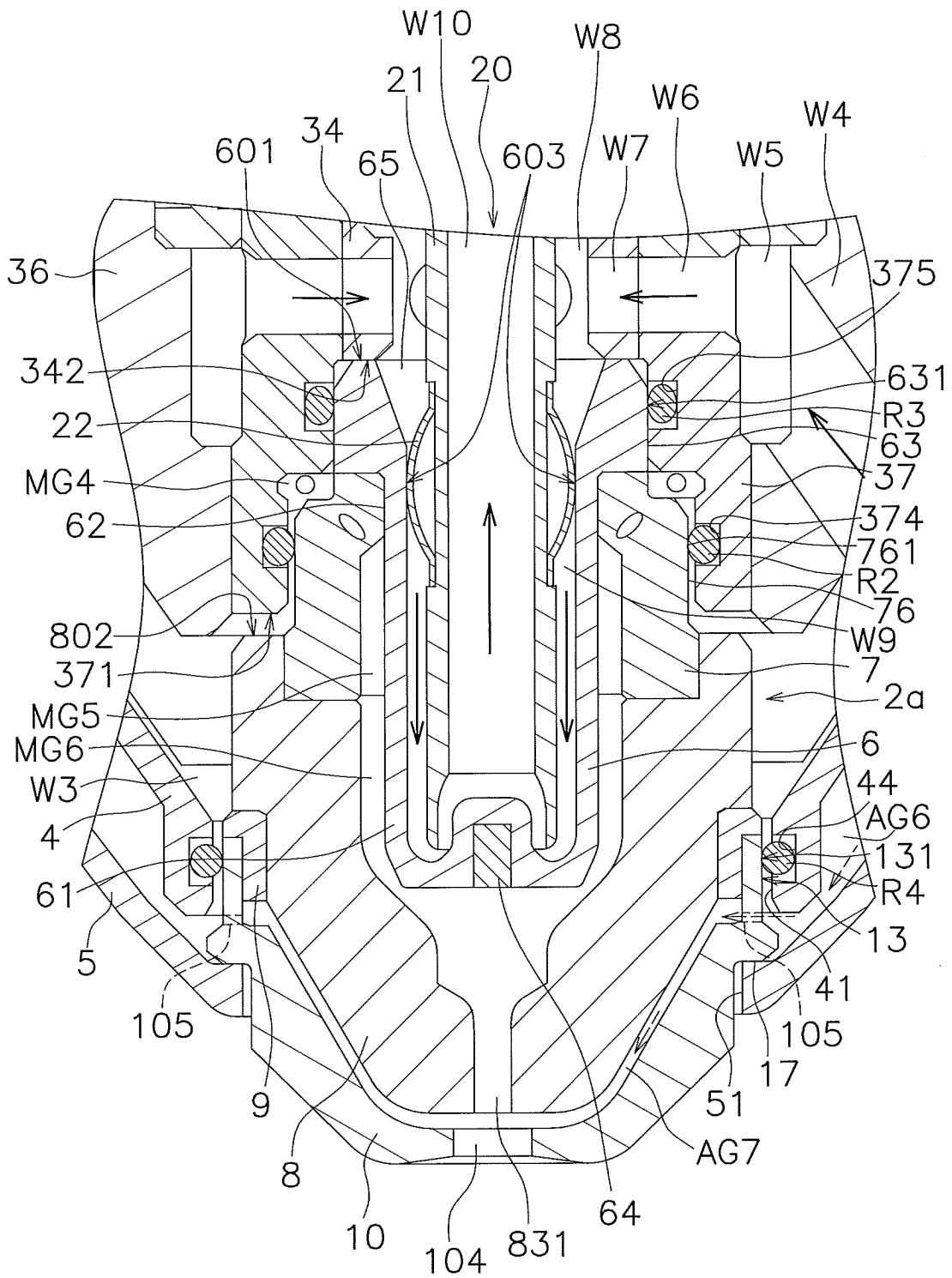


FIG. 29

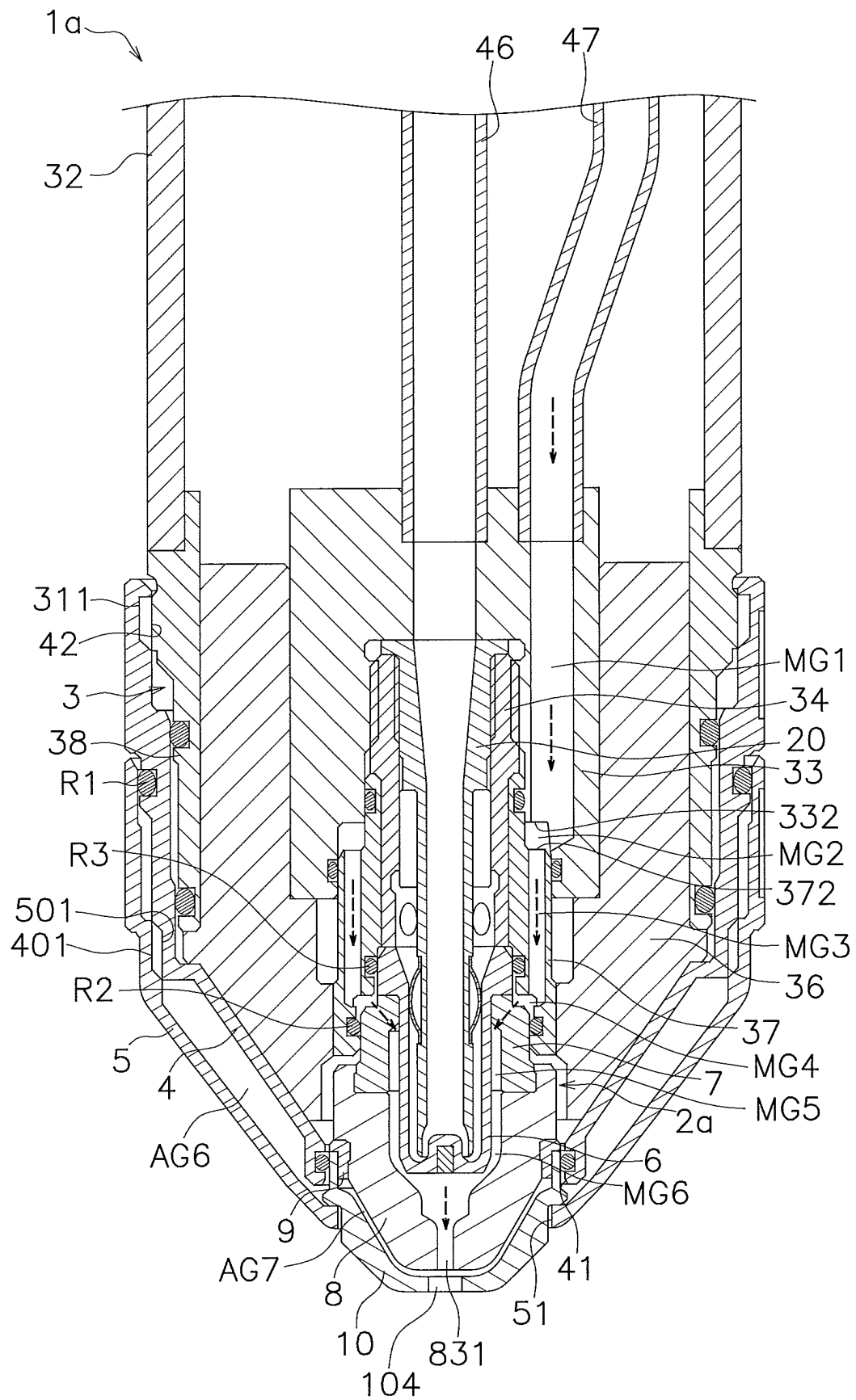


FIG. 30

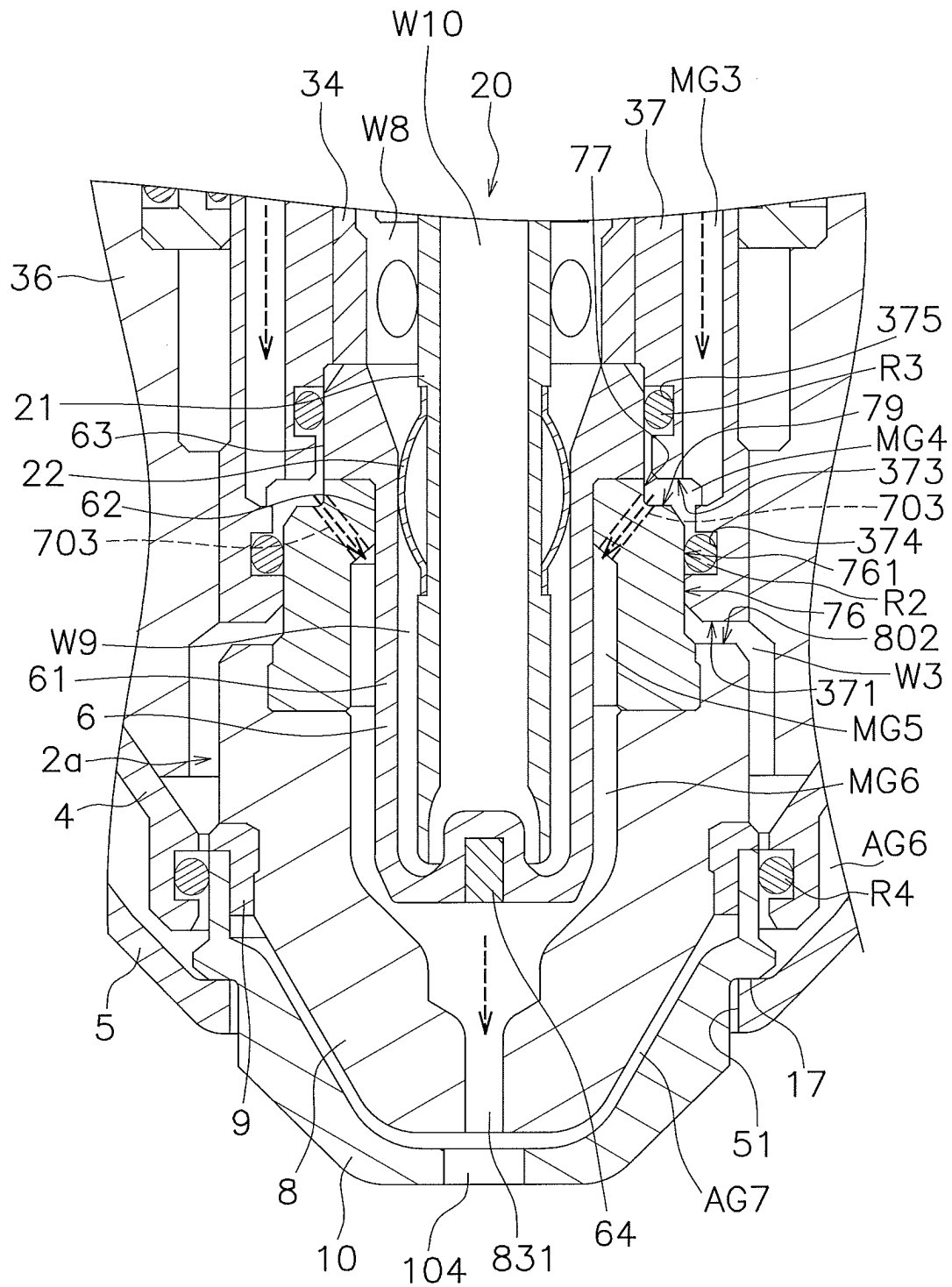


FIG. 31



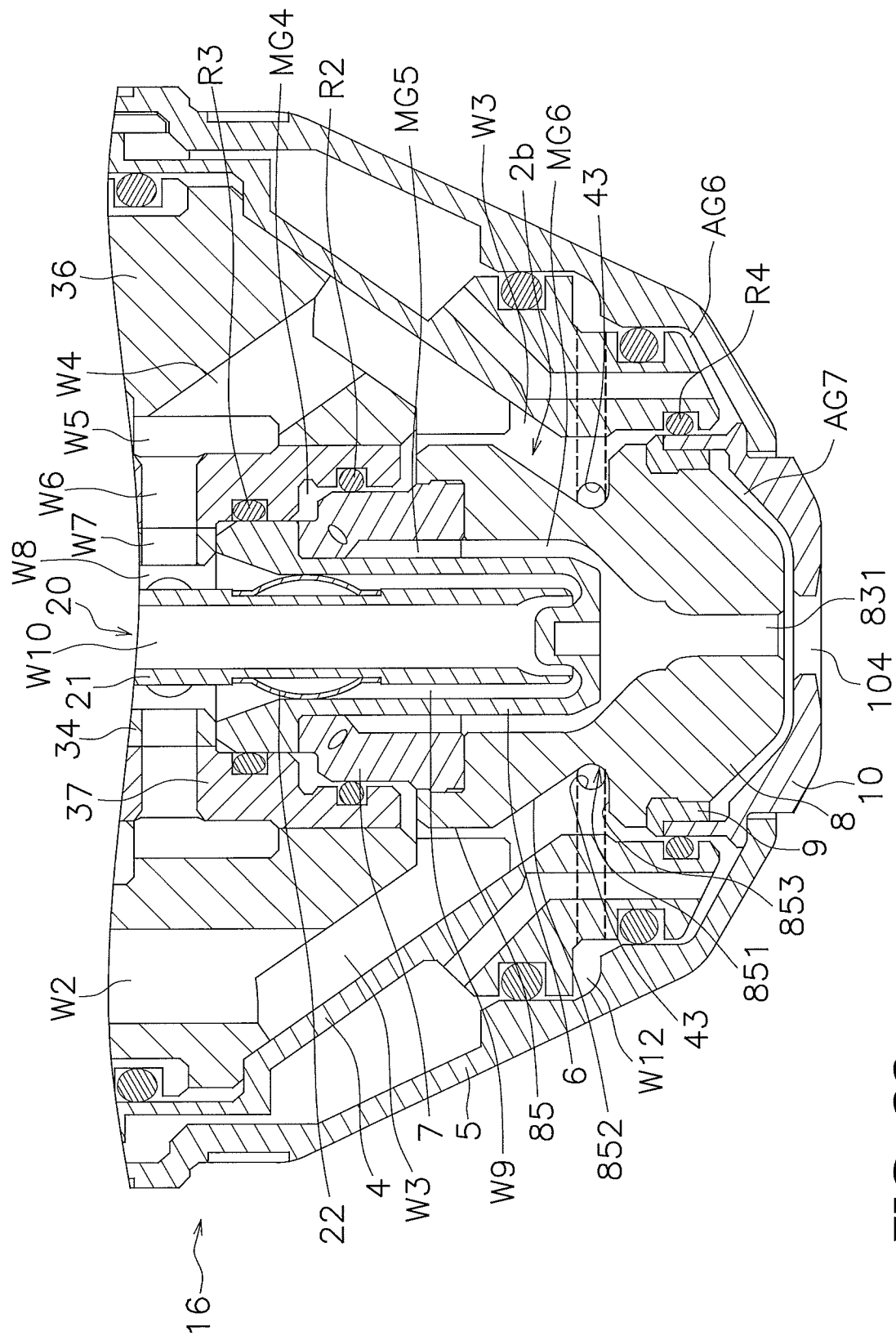
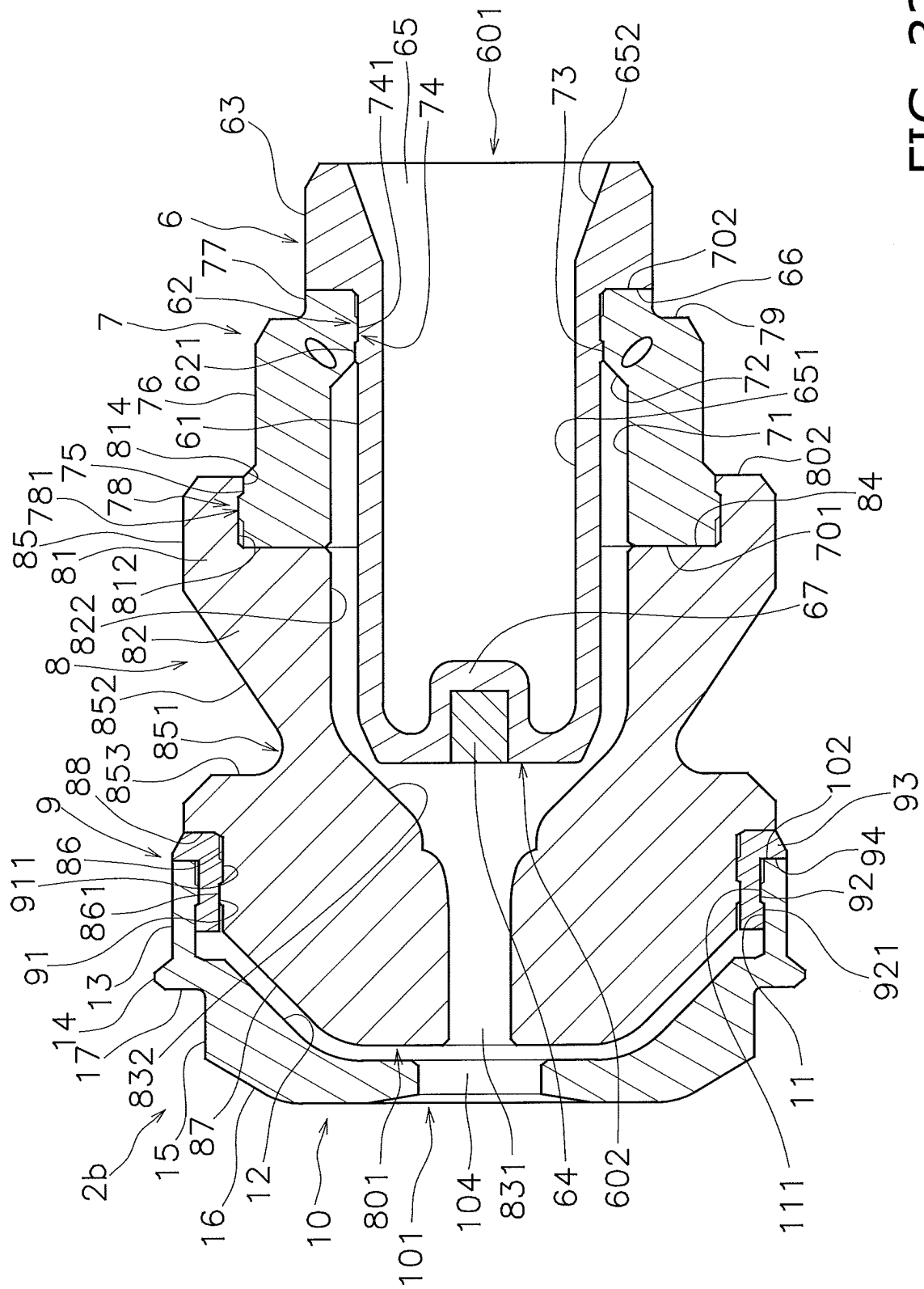


FIG. 32



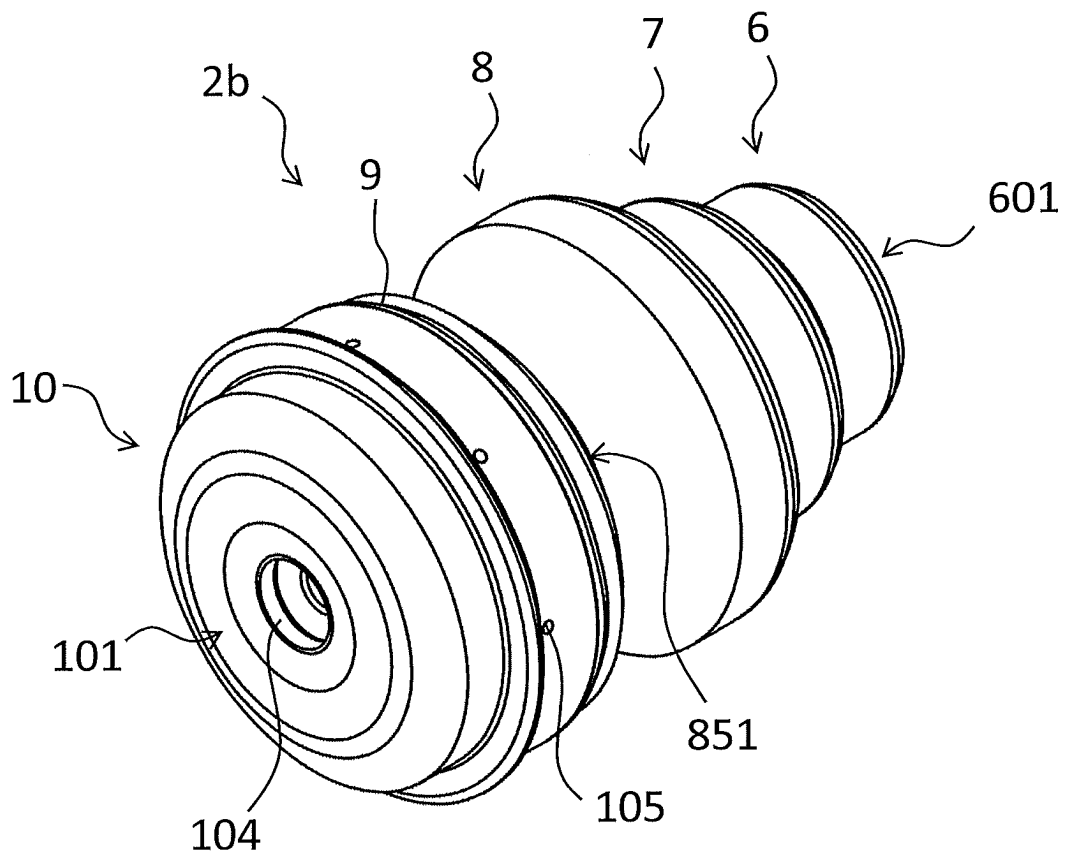


FIG. 34

FIG. 35

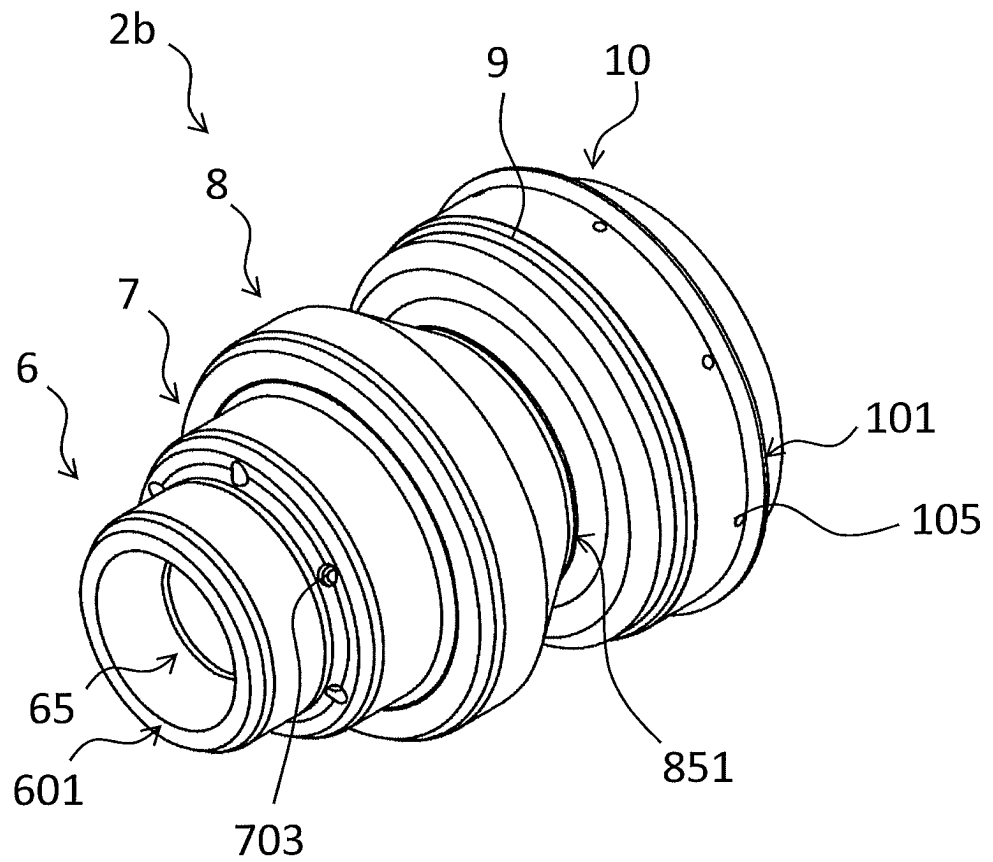
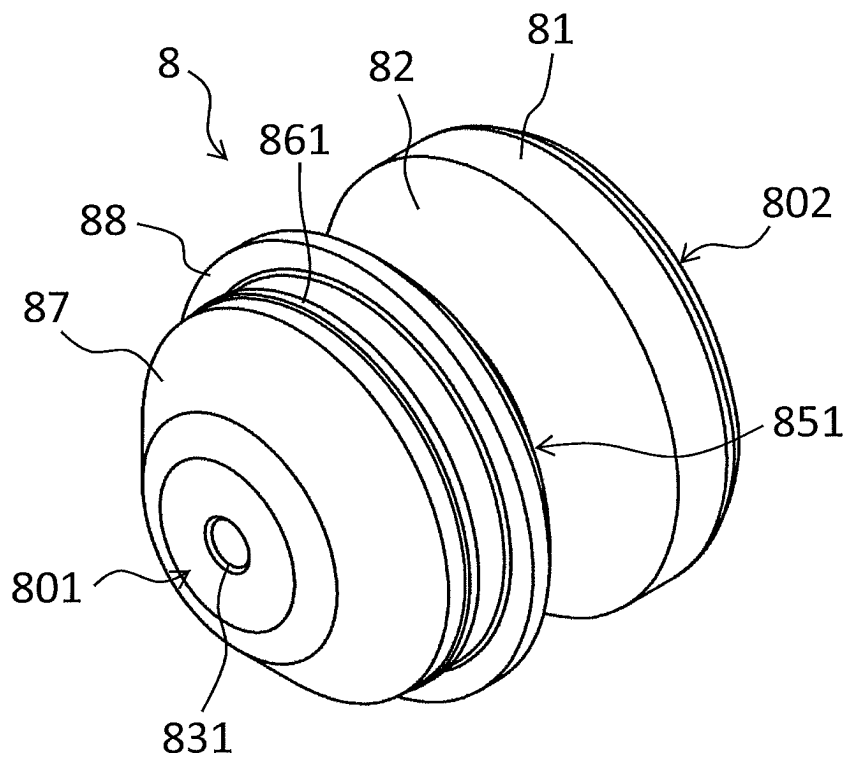


FIG. 36



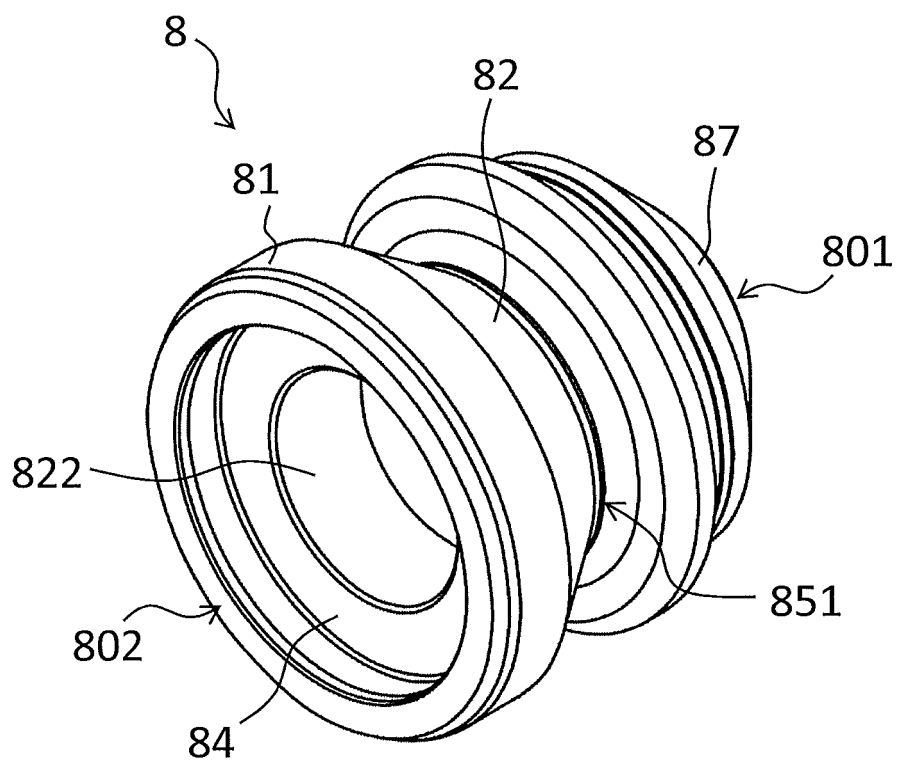


FIG. 37

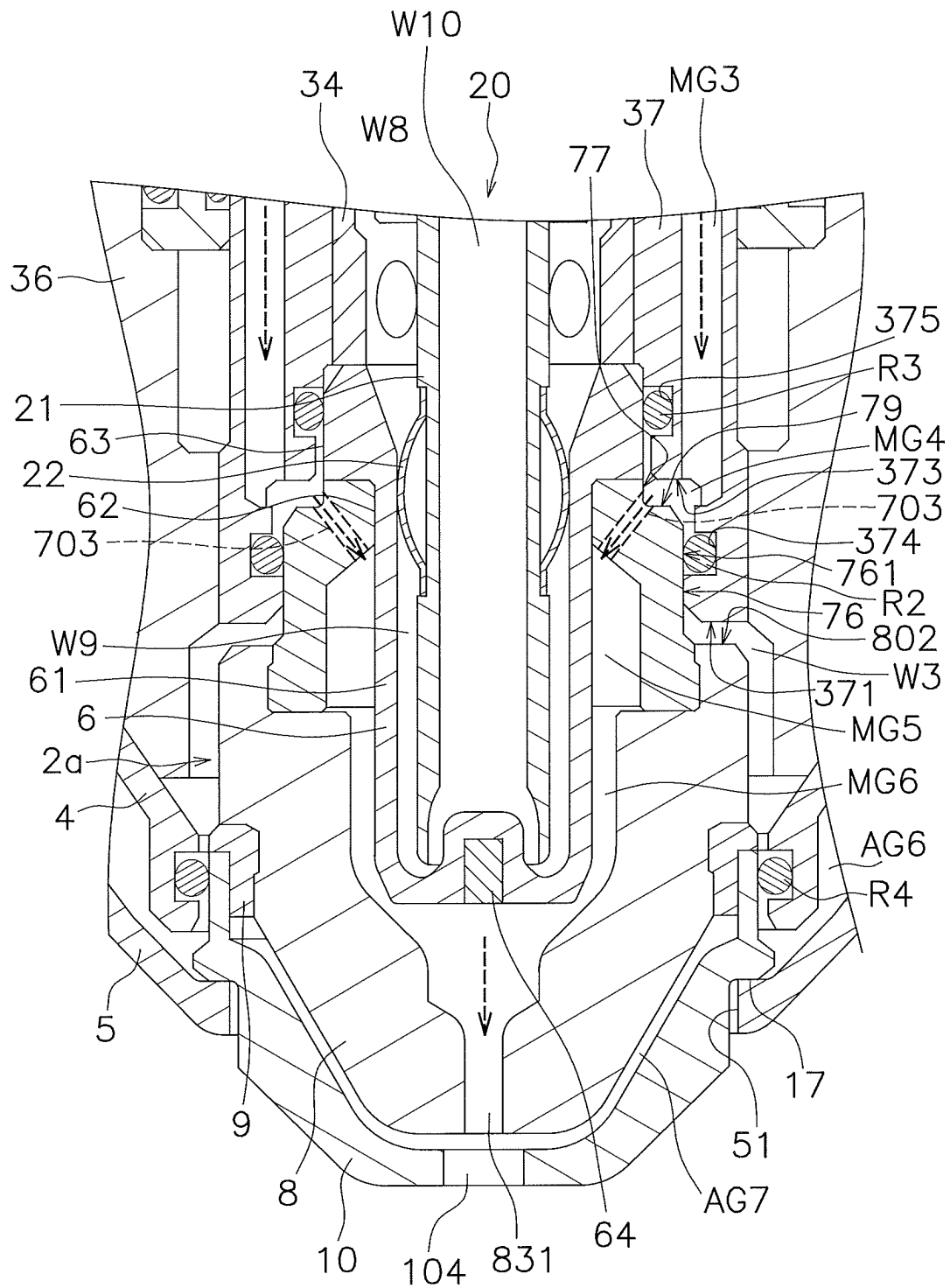


FIG. 38